



**TUGAS AKHIR**

**PRA RANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK *PROTON*  
*ELECTROLITE MEMBRANE FUEL CELL* KAPASITAS 41**

**MW**



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



**PARAMITA JENNI**  
**NPM. 1210017411026**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA  
PADANG  
2016**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK *PROTON*  
*ELECTROLITE MEMBRANE FUEL CELL* KAPASITAS 41 MW**



**OLEH :**

**PARAMITA JENNI**

**1210017411026**



**Disetujui oleh :**

**Pembimbing 1**

**Pembimbing 2**



**Dr. Mulyazmi, S.T, M.T**

**Ir. Elmi Sundari, M.T**

**Diketahui oleh :**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Jurusan Teknik Kimia**

**Dekan**

**Ketua**



**Drs. Mulyanef, S.T, M.Sc**

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



**LEMBARAN PENGESAHAN**  
**PRA RANCANGAN**  
**PEMBANGKIT LISTRIK *PROTON ELECTROLITE***  
***MEMBRANE FUEL CELL* KAPASITAS 41 MW**



Oleh:



PARAMITA JENNI      1210017411026



Disetujui oleh:



Tanda Tangan



1. DR. Mulyazmi, S.T, M.T (Pembimbing I)
2. Ir. Elmi Sundari, M.T (Pembimbing II)

(.....)  
 (.....)

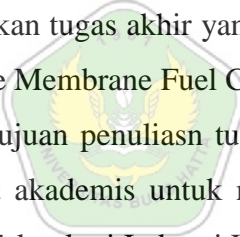






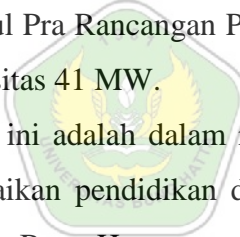
## KATA PENGANTAR



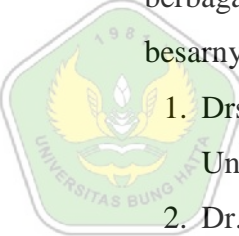



Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena telah memberikan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu di muka bumi ini, sehingga pada kesempatan ini berkat keridha'an dan bantuan-Nya penulis telah menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Pra Rancangan Pembangkit Listrik Proton Electrolite Membrane Fuel Cell Kapasitas 41 MW.

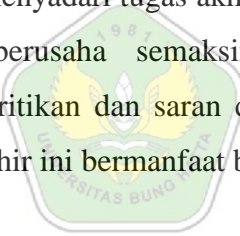



Adapun tujuan penuliasn tugas akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.


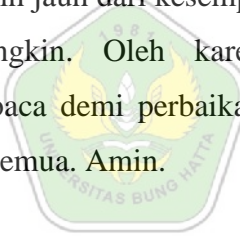


Pembuatan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- 
- 
- 
- 
1. Drs. Mulyanef, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
  2. Dr. Eng Reni Desmiarti, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang
  3. Dr. Mulyazmi, M.T selaku Pembimbing I dan Ir. Elmi Sundari, M.T, selaku Pembimbing II 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. 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. Amin.



Padang, Juni 2016


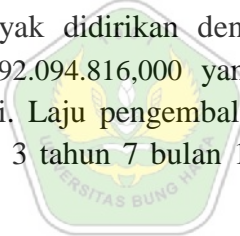
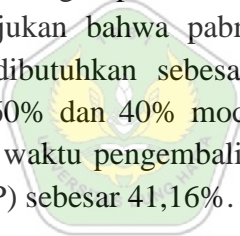

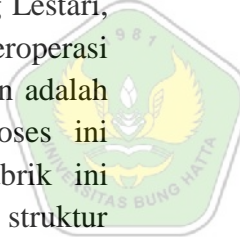
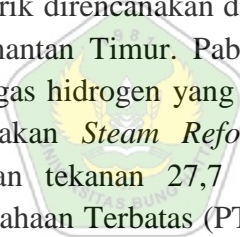
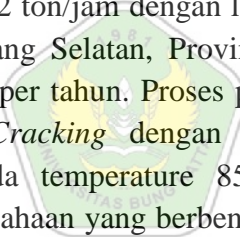

Penulis





## INTISARI

Pembangkit listrik PEMFC dengan kapasitas 41 MW ini dirancang menggunakan proses *Cracking* gas alam (*natural gas*) untuk menghasilkan gas hydrogen. Proses ini dirancang dengan kapasitas pengolahan bahan baku gas alam sebanyak 212,132 ton/jam dengan lokasi pabrik direncanakan di Bontang Lestari, Kelurahan Bontang Selatan, Provinsi Kalimantan Timur. Pabrik ini beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses produksi gas hidrogen yang digunakan adalah proses proses *Cracking* dengan menggunakan *Steam Reformer*. Proses ini berlangsung pada temperature 850 °C dan tekanan 27,7 atmi. Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perusahaan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi "*line and staff*", dan mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 100 orang. Massa konstruksi pabrik direncanakan selama 2 tahun. Hasil analisa ekonomi pada rancangan pabrik Pembangkit listrik PEMFC dengan kapasitas 41 MW ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan jumlah total investasi yang dibutuhkan sebesar US\$ 692.094.816,000 yang diperoleh dari pinjaman bank 60% dan 40% modal sendiri. Laju pengembalian modal (ROR) sebesar 34,10%, waktu pengembalian modal 3 tahun 7 bulan 15 hari dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 41,16%.





# DAFTAR ISI

## LEMBAR PENGESAHAN

INTISARI ..... i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR TABEL ..... v

DAFTAR GAMBAR..... ix

**BAB. I PENDAHULUAN**..... **1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Kapasitas Pabrik..... 5

1.3 Lokasi Pabrik ..... 6

**BAB. II TINJAUAN TEORI**..... **12**

2.1 Tinjauan Umum ..... 12

2.1.1 *Fuel cell* ..... 12

2.1.2 Jenis *Fuel Cell*..... 14

2.1.3 *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* ..... 16

2.1.4 Prinsip Kerja PEMFC ..... 19

2.1.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja PEMFC ..... 20

2.2 Tinjauan Proses ..... 22

2.3 Pemilihan Proses ..... 35

2.4 Sifat Fisik dan Kimia ..... 35

2.4.1 Bahan Baku ..... 35

2.4.2 Bahan Penunjang ..... 42

2.5 Spesifikasi Bahan baku, Bahan Penunjang, dan Produk..... 43






2.5.1 Bahan Baku ..... 43

2.5.2 Produk ..... 44

**BAB. III TAHAPAN PROSES dan DESKRIPSI PROSES**..... **45**

3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram ..... 45

3.1.1 Tahapan Proses ..... 45

	3.1.2 Blok Diagram.....	45
	3.2 Flow Sheet dan Deskripsi Proses.....	46
	3.2.1 Deskripsi Proses.....	46
	3.2.2 <i>Flow Sheet</i> .....	50
<b>BAB. IV NERACA MASSA dan NERACA ENERGI .....</b>		<b>51</b>
	4.1 Neraca Massa.....	51
	4.1.1 <i>Desulfurizer</i> .....	51
	4.1.2 <i>Steam Reformer</i> .....	52
	4.1.3 <i>High Temperatur Shift Converter</i> .....	53
	4.1.4 <i>Knock Out Drum</i> .....	54
	4.1.5 <i>Pressure Swing Adsorption</i> .....	55
	4.1.6 <i>Humidifier 1</i> .....	56
	4.1.7 <i>Humidifier 2</i> .....	57
	4.1.8 PEMFC.....	57
	4.2 Neraca Energi.....	57
	4.2.1 <i>Feed Preheater</i> .....	57
	4.2.2 <i>Steam Reforming</i> .....	58
	4.2.3 <i>Waste Heat Boiler</i> .....	58
	4.2.4 <i>High Temperatur Shift Converter</i> .....	59
	4.2.5 <i>Cooler</i> .....	59
	4.2.6 <i>Humidifier 1</i> .....	60
	4.2.7 <i>Humidifier 2</i> .....	61
	4.2.8 PEMFC.....	61
<b>BAB. V UTILITAS .....</b>		<b>62</b>
	5.1 Unit Penyediaan Listrik.....	62
	5.2 Unit Pengadaan Air.....	63
	5.2.1 Air Sanitasi.....	63
	5.2.2 Air Proses dan Air Umpan Boiler.....	64

	5.2.3 Air Pendingin .....	66
	5.3 Unit Penyediaan Steam .....	68
	5.3.1 Degasification .....	69
	5.3.2 Boiler .....	69
	<b>BAB. VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>70</b>
	<b>BAB. VII TATA LETAK PABRIK dan KESEHATAN KESELAMATAN</b>	
	<b>KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP .....</b>	<b>77</b>
	7.1 Tata Letak Pabrik .....	77
	7.2 Instrumentasi .....	82
	7.2.1 Pemilihan Alat Instrumen .....	82
	7.2.2 Jenis-jenis Instrumen .....	82
	7.3 Keselamatan Kerja .....	83
	7.3.1 Sebab-sebab Terjadinya Kecelakaan .....	84
	7.3.2 Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja .....	85
	<b>BAB. VIII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>86</b>
	8.1 Struktur Organisasi .....	86
	8.2 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	87
	8.3 Tugas dan Wewenang .....	89
	8.3.1 Pemegang Saham .....	89
	8.3.2 Dewan Komisaris .....	89
	8.3.3 Direktur Utama .....	90
	8.3.4 Direktur Utama .....	90
	8.3.5 Direktur Teknik dan Produksi .....	92
	8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	93
	8.5 Sistem Kerja .....	94
	8.5.1 Waktu Kerja karyawan Non-shift .....	94
	8.5.2 Waktu Kerja Karyawan Shift .....	94
	8.6 Jumlah Karyawan .....	95
	8.6.1 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	95



8.6.2 Penggolongan Gaji Menurut Jabatan.....	96
8.7 Kesjahteraan Sosial Karyawan.....	97
<b>BAB. IX ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>98</b>
9.1 <i>Total Capitas Investment</i> .....	98
9.2 <i>Total Production Cost</i> .....	99
9.3 <i>Total Salles</i> .....	99
9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	100
9.4.1 Laba Kotor dan Laba Bersih .....	100
9.4.2 Laju Pengembalian Modal .....	100
9.4.3 Waktu Pengembalian Modal.....	100
9.4.4 Titik Impas .....	100
<b>BAB.X TUGAS KHUSUS .....</b>	<b>102</b>
10.1 Pendahuluan.....	102
10.2 Ruang Lingkup Perancangan .....	102
10.3 Rancangan Alat.....	103
<b>BAB. XI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>120</b>
11.1 Kesimpulan .....	120
11.2 Saran .....	121
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>122</b>
<b>LAMPIRAN A. NERACA MASSA.....</b>	<b>LA-1</b>
<b>LAMPIRAN B. NERACA ENERGI.....</b>	<b>LB-1</b>
<b>LAMPIRAN C. SPESIFIKASI PERALATAN dan UTILITAS .....</b>	<b>LC-1</b>
<b>LAMPIRAN D. PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>LD-1</b>





















## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kebutuhan Listrik Di pulau Kalimantan (MW).....	1
Tabel 1.2 Pembangkit Listrik yang dipasang di Pulau Kalimantan .....	2
Tabel 1.3 Kelebihan dan Kekurangan Pembangkit Listrik Di Indonesia.....	2
Tabel 1.4 Jumlah cadangan Energi indonesia 2011 dan 2012 .....	4
Tabel 1.5 Perkiraan Harga Minyak dan Gas Bumi Tahun 2030 .....	5
Tabel 1.6 Kapasitas Pembangkit Listrik di beberapa wilayah kalimantan .....	6
Tabel 1.7 Analisa SWOT dari Segi Internal .....	7
Tabel 1.8 Analisa SWOT desa Satimpo dari Segi Eksternal .....	8
Tabel 1.9 Analisa SWOT desa Bontang Lestari Dari Segi Internal.....	9
Tabel 1.10 Analisa SWOT desa Bontang Lestari dari Segi Eksternal .....	10
Tabel 2.1 Karakteristik PEMFC.....	16
Tabel 2.2 Komponen Dasar dari PEM <i>Fuel Cell</i> .....	17
Tabel 2.3 Perbandingan Proses Pembuatan Hidrogen .....	33
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>Liquid Natural Gas PT Badak LNG</i> .....	43
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Steam</i> .....	43
Tabel 2.6 Spesifikasi Hidrogen.....	43
Tabel 2.7 Spesifikasi Oksigen.....	44
Tabel 2.8 Spesifikasi air Proses .....	44
Tabel 2.9 Spesifikasi Listrik .....	44
Tabel 4.1 Neraca Massa Desulfurizer .....	51
Tabel 4.2 Neraca <i>Massa Steam Reformer</i> .....	52
Tabel 4.3 Neraca Massa <i>High Temperatur Shift Converter</i> .....	53
Tabel 4.4 Komponen Fraksi Uap .....	54
Tabel 4.5 Neraca Massa <i>Knock Out Drum</i> .....	55
Tabel 4.6 Neraca Massa <i>Pressure Swing Adsorption</i> .....	56
Tabel 4.7 Neraca Massa <i>Humidifier 1</i> .....	56
Tabel 4.8 Neraca Massa <i>Humidifier 2</i> .....	57

Tabel 4.9 Neraca Massa PEMFC .....	57
Tabel 4.10 Neraca Energi <i>Feed Preheater</i> .....	58
Tabel 4.11 Neraca Energi pada <i>Steam Reforming</i> .....	58
Tabel 4.12 Neraca Energi <i>Waste Heat Boiler</i> .....	59
Tabel 4.13 Neraca Energi <i>High Temperatur Shif Converter</i> .....	59
Tabel 4.14 Neraca Energi <i>Cooler</i> .....	60
Tabel 4.15 Neraca Energi <i>Humidifier 1</i> .....	60
Tabel 4.16 Neraca massa <i>Humidifier 2</i> .....	61
Tabel 4.17 Neraca massa PEMFC .....	61
Tabel 5.1 Ambang Batas Kandungan Unsur atau Senyawa Kimia dalam Badan Air Bagi Kesehatan Manusia.....	64
Tabel 5.2 Persyaratan Air Umpan Boiler.....	65
Tabel 6.1 Spesifikasi Kompresor .....	70
Tabel 6.2 Spesifikasi <i>Feed Preheater</i> .....	70
Tabel 6.3 Spesifikasi Desulfurizer .....	71
Tabel 6.4 Spesifikasi <i>Steam Reformer</i> .....	71
Tabel 6.5 Spesifikasi <i>Wash Heat Boiler</i> .....	71
Table 6.6 Spesifikasi <i>High Temperatur Shiff Converter</i> .....	72
Tabel 6.7 Spesifikasi <i>Cooler</i> .....	72
Tabel 6.8 Spesifikasi <i>Knock Out Drum</i> .....	72
Tabel 6.9 Spesifikasi <i>Pressure Swing Adsorption</i> .....	73
Tabel 6.10 Spesifikasi Tangki <i>PSA Off gas</i> .....	73
Tabel 6.11 Spesifikasi Kompresor .....	73
Tabel 6.12 Spesifikasi tangkipeenampungan Hidrogen.....	74
Tabel 6.13 Spesifikasi Kompresor .....	74
Tabel 6.14 Spesifikasi Fuel Cell .....	74
Tabel 6.15 Spesifikasi Tangki Penampungan Air PDAM .....	75
Tabel 6.16 Spesifikasi <i>Softener Tank</i> .....	75
Tabel 6.17 Spesifikasi Bak Penampungan Air Demin .....	75

Tabel 6.18 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	75
Tabel 6.19 Spesifikasi Daerastor.....	76
Tabel 6.20 Spesifikasi Boiler .....	76
Tabel 6.21 Pompa.....	76
Tabel 7.1 Peralatan Proses Pabrik Beserta Jenisa Instrumen .....	83
Tabel 8.1 Waktu Kerja Karyawan Non-Shift .....	94
Tabel 8.2 Jumlah Karyawan Menurut Jabatan .....	95
Tabel 8.3 Penggolongan Gaji Menurut Jabatan .....	96
Tabel LA.1 Neraca Massa Desulfurizer.....	LA-1
Tabel LA.2 Neraca Massa <i>Steam Reformer</i> .....	LA-3
Tabel LA.3 Neraca Massa <i>High Temperatur Shiff Converter</i> .....	LA-4
Tabel LA.4 Neraca Massa <i>Knock Out Drum</i> .....	LA-7
Tabel LA.5 Neraca Massa <i>Pressure Swing Adsorption</i> .....	LA-8
Tabel LA.6 Neraca Massa PEMFC.....	LA-14
Tabel LA.7 Neraca Massa <i>Humidifier 1</i> .....	LA-18
Tabel LA.8 Neraca Massa <i>Humidifier 2</i> .....	LA-21
Tabel LB.1 Komposisi Panas Input ( $Q_1$ ) .....	LB-2
Tabel LB.2 Komposisi Panas Output ( $Q_2$ ).....	LB-3
Tabel LB.3 Neraca Energi <i>Feed Preheater</i> .....	LB-4
Tabel LB.4 Komposisi Panas Input ( $Q_1$ ) .....	LB-4
Tabel LB.5 Komposisi Panas Output ( $Q_2$ ).....	LB-5
Tabel LB.6 Panas Pembentukan Reaksi 1.....	LB-5
Tabel LB.7 Panas Reaksi 2 .....	LB-6
Tabel LB.8 Panas Pembentukan Reaksi 3.....	LB-6
Tabel LB.9 Neraca Energi <i>Steam Reforming</i> .....	LB-8
Tabel LB.10 Komposisi Panas Input ( $Q_1$ ) .....	LB-9
Tabel LB.11 Komposisi Panas Keluar ( $Q_2$ ) .....	LB-9
Tabel LB.12 Neraca Energi <i>Wate Heat Boiler</i> .....	LB-10
Tabel LB.13 Kondisi Panas Masuk ( $Q_1$ ).....	LB-11

	Tabel LB.14 Kondisi Panas Output ( $Q_2$ ).....	LB-11
	Tabel LB.15 Panas Pembentukan Reaksi .....	LB-11
	Tabel LB.16 Neraca Massa Energi CO Converter.....	LB-13
	Tabel LB.17 Kondisi Panas Masuk ( $Q_1$ ).....	LB-14
	Tabel LB.18 Kondisi Panas Output ( $Q_2$ ).....	LB-14
	Tabel LB.19 Neraca Energi <i>Cooler</i> .....	LB-16
	Tabel LB.20 Neraca Energi <i>Humidifier 1</i> .....	LB-16
	Tabel LB.21 Neraca Energi <i>Humidifier 2</i> .....	LB-17
	Tabel LB.22 Neraca Energi PEMFC .....	LB-17
	Tabel LC.1 Kebutuhan Listrik Peralatan .....	LC-54
	Tabel LC.2 Kebutuhan <i>Steam</i> untuk Proses.....	LC-56
	Tabel LC.3 Kebutuhan Air Proses .....	LC-56
	Tabel LD.1 Daftar Indeks Harga Rata-rata Tahunan.....	LD-1
	Tabel LD.2 Perkiraan Peralatan Utama Pada Tahun 2021 .....	LD-4
	Tabel LD.3 Perkiraan Harga Peralatan Utilitas Tahunan 2021 .....	LD-5
	Tabel LD.4 Perhitungan <i>Capital Investment</i> Pembangkit Listrik PEMFC.....	LD-6
	Tabel LD.5 Daftar UMR Kalimantan Timur Tahun 2013-2016.....	LD-8
	Tabel LD.6 Daftar Gaji Karyawan.....	LD-9
	Tabel LD.7 Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total .....	LD-10
		
		
		
		



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produksi Liquid naturalGas PT. Badak LNG .....	6
Gambar 1.2 Peta Desa Satimpo .....	8
Gambar 1.3 Peta Desa Bontang Lestari .....	11
Gambar 2.1 Skema Sel Bahan Bakar .....	12
Gambar 2.2 Proses reaksiyang terjadi Pada Berbagai Jenis Fuel Cell .....	15
Gambar 2.3 Skema <i>Stack Polymer Electrolyte Membrane Fuel cell</i> .....	16
Gambar 2.4 Prinsip Kerja PEMFC.....	20
Gambar 2.5 Blok Diagram Pembuatan Hidrogen dari Gas Alam .....	23
Gambar 2.6 Blok Diagram Pembuatan Hidrogen dari Gasifikasi Batu Bara .....	25
Gambar 2.7 Blok Diagram Proses Pembuatan Hidrogen dari Gasifikasi Biomassa.....	27
Gambar 2.8 Skema Elektrolisis Menggunakan Panas <i>High Temperatur</i> .....	28
Gambar 2.9 Blok Diagram Pirolisis Biomassa .....	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pra Rancangan Pembangkit Listrik PMFC .....	45
Gambar 5.1 Proses Pengolahan Air .....	66
Gambar 7.1 Tata Letak Lingkungan Pabrik.....	79
Gambar 7.2 Tata Letak Peralatan Proses .....	80
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan .....	88
Gambar 9.1 Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	101
Gambar LD.1 Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	LD-14

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan suatu kebutuhan dasar dari kehidupan masyarakat saat ini. Tanpa energi listrik masyarakat akan sulit melakukan kegiatan. Energi listrik merupakan sumber energi yang banyak digunakan di berbagai aspek kegiatan seperti kegiatan industri, kegiatan komersial, maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga.

Konsumsi listrik per kapita Indonesia menurut data *International Energy Agency* (IEA) tahun 2012 hanya sebesar 733 kWh. Kapasitas tenaga listrik terpasang untuk memenuhi kebutuhan 250 juta jiwa bangsa Indonesia sampai akhir tahun 2014, kurang lebih 50.000 MW. Tahun 2012 PLN wilayah Kalimantan Barat mengimpor tenaga listrik dari Sarawak sebesar 0,3 TWh atau sebesar 16% dari keseluruhan produksi listrik di Kalimantan Barat, dan diprediksi tidak lebih dari 10% pada tahun 2020 (BBPT, Indonesia energi outlook 2014).

Khusus Pulau Kalimantan, terjadi kekurangan pasokan listrik sebagaimana data statistik PLN tahun 2014 menunjukkan seperti Tabel 1.1 berikut :

**Tabel 1.1** Kebutuhan Listrik Di Pulau Kalimantan (MW)

Satuan PLN/Provinsi	Kapasitas Terpasang	Daya Mampu	Beban Puncak	Kekurangan Daya
Wilayah Kalimantan Barat	213,36	130,20	424,39	294,19
Wilayah Kalsel dan Kalteng	530,31	414,13	505,00	90,7
- Kalimantan Selatan	454,31	334,55	376,00	41,45
- Kalimantan Tengah	76,00	79,58	68,00	-
Wilayah Kalimantan Utara Dan Timur	433,75	322,06	354,84	32,76
Total				417,65

Sumber : Statistik PLN 2014

Upaya yang telah dilakukan pemerintah dalam memenuhi kebutuhan masyarakat di Pulau Kalimantan dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut :

**Tabel 1.2** Pembangkit Listrik yang dipasang di Pulau Kalimantan

Satuan PLN/Provinsi	Jenis Pembangkit (Jumlah Unit)					Jumlah
	PLTA	PLTU	PLTGU	PLTD*)	PLT Surya	
Wilayah Kalimantan Barat	6	-	-	273	3	283
Wilayah Kalsel dan Kalteng	3	4	-	394	-	402
- Kalimantan Selatan	3	4	-	107	-	115
- Kalimantan Tengah	-	-	-	287	-	287
Wilayah Kalimantan Utara Dan Timur	1	-	6	286	2	303

\*) termasuk PLTMG

Sumber : Statistik PLN 2014

Usaha yang dilakukan pemerintah membangun pembangkit listrik di atas belum memenuhi kebutuhan listrik seluruh masyarakat. Beberapa alternatif energi yang telah banyak diaplikasikan adalah air, angin, gas dan uap, tenaga surya, diesel, dan sebagainya terbukti mempunyai prospek yang bagus, namun demikian masih perlu ditingkatkan efisiensi dan energi yang dapat dihasilkan. Namun masing-masing pembangkit listrik tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, seperti pada Tabel 1.3 dibawah ini :

**Tabel 1.3** Kelebihan dan Kekurangan Pembangkit Listrik yang Dikembangkan Di Indonesia

Jenis Pembangkit (Jumlah Unit)	Kelebihan	Kekurangan
Pembangkit Listrik Tenaga Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respon pembangkit listrik yang cepat dalam menyesuaikan kebutuhan beban.</li> <li>- memiliki umur yang panjang, yaitu 50-100 tahun.</li> <li>- Bebas emisi karbon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membutuhkan investasi yang besar.</li> <li>- Membutuhkan lahan yang luas untuk membuat pusat listrik yang berkapasitas besar.</li> <li>- Saat musim kemarau panjang, ketersediaan air berkurang dan mengurangi energi listrik yang dihasilkan.</li> </ul>
Pembangkit Listrik Tenaga Uap	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi Tinggi.</li> <li>- Daya yang dihasilkan besar.</li> <li>- Bisa menggunakan segala jenis bahan bakar (cair, padat, atau gas).</li> <li>- Biaya perawatan murah (penggantian suku cadang tidak terlalu sering).</li> <li>- Usia mesin lebih lama.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses start lama.</li> <li>- Membutuhkan lahan yang luas.</li> <li>- Membutuhkan air pendingin yang cukup banyak sehingga biasanya ditempatkan didaerah yang dekat dengan sumber air yang</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- melimpah.</li> <li>- Investasi awal mahal.</li> <li>- Proses pembangunan lama.</li> <li>- Emisi gas buang tidak ramah lingkungan.</li> </ul>
Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fleksibel dalam pengoperasian.</li> <li>- Masa pembangunan cepat.</li> <li>- Tidak membutuhkan lahan yang luas.</li> <li>- Ramah lingkungan.</li> <li>- Investasi awal cukup murah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spare part mahal.</li> <li>- Perlu sering dilakukan pemeriksaan terhadap area yang dilewati gas panas.</li> <li>- Daya yang dihasilkan rendah.</li> <li>- Usia tidak panjang.</li> <li>- Hanya bisa menggunakan bahan bakar jenis tertentu (cair dan gas).</li> </ul>
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penggunaan bahan bakar menentukan tingkat efisiensi pembakaran dan prosesnya.</li> <li>- Lokasi bisa dimana saja (pantai sampai pegunungan) dengan kapasitas bisa disesuaikan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan sumber daya alam terbatas/tak terbarukan/fosil.</li> </ul>
Pembangkit Listrik Tenaga Surya	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memanfaatkan sinar matahari tanpa biaya, cocok sekali untuk daerah tropis.</li> <li>- Praktis dan hemat Energi yang terbarukan/ tidak pernah habis.</li> <li>- Bersih dan ramah lingkungan.</li> <li>- Umur panel sel surya panjang.</li> <li>- Praktis dan tidak memerlukan perawatan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ketergantungan oleh sinar matahari, tetapi untuk hal ini diatasi dengan kekuatan penyimpanan aki/baterai.</li> <li>- Biaya awal relatif mahal</li> </ul>

Sumber : Danial Gani, 2013

Salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan yang dapat dikembangkan ialah pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell*. *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* merupakan salah satu solusi dari permasalahan keterbatasan energi saat ini. *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* merupakan teknologi energi terbaru yang bersih, aman mempunyai kerapatan dan efisiensi energi yang tinggi serta bekerja pada suhu rendah, daya yang dihasilkan tinggi, hasilnya cepat dan efisien. Disisi lain, kekurangan dari *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* ialah belum ada harga standar dipasaran dan belum banyak

industri yang menggunakannya dan infrastruktur yang maksimal belum mendukung (M Farooque, 2001).

*Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* adalah sel elektrokimia yang mengubah energi kimia dari suatu bahan bakar ke energi listrik melalui suatu reaksi antara bahan bakar (Hidrogen) dan oksidan (Oksigen) yang dipicu dan dipercepat oleh elektrolit dan katalis (Correa, et. al., 2004). Hidrogen murni yang diambil dari pengolahan bahan lain seperti *steam reforming*, gasifikasi batu bara, gasifikasi biomassa dan elektrolisis air.

Dalam perancangan pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* ini menggunakan gas alam cair yang didapatkan dari perusahaan/pabrik LNG (*Liquid Natural Gas*) diolah di dalam *Reformer* (alat pengubah) merupakan tempat terjadinya proses secara luas dari gas metan menjadi hidrogen. Reaksi ini membutuhkan uap dan panas, yang juga dibutuhkan pada produk reaksi *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* (PEMFC). *Steam reformer* ini telah teruji dan banyak digunakan pada industri pengolahan gas alam menjadi hidrogen dan pembuatan syngas dari bahan bakar fosil dan biomassa. Reformer biasanya bekerja pada suhu yang sangat tinggi dan lebih tinggi dari PEMFC. Pengubahan metan atau gas alam menjadi hidrogen membutuhkan 800<sup>0</sup>C. Pemilihan didasarkan kepada Gas Metan yang terkandung didalam *Liquid Natural Gas* sebesar 91% serta mempunyai sifat tidak berbau, tidak berwarna, *non-corrosive* dan *non-toxic*. *Liquid Natural Gas* mempunyai volume yang jauh lebih kecil yaitu 1/600 kalinya dibanding volum gas alam pada keadaan standar.

Pemilihan gas alam cair sebagai sumber hidrokarbon penghasil hidrogen dikarenakan, cadangan gas bumi di indonesia masih banyak yakni sebesar 103,35 TCF (*Trillion Cubic Feet*) berdasarkan data dari BBPT dan Kementerian ESDM pada tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 1.4 dibawah ini :

**Tabel 1.4** Jumlah cadangan Energi indonesia 2011 dan 2012

Jenis Energi	Tahun	Cadangan Potensial	Cadangan Terbukti	Total
Minyak Bumi (Miliar Barel)	2011	3,69	4,04	7,73
	2012	3,67	3,74	7,41
Gas Bumi (TSCF)	2011	48,18	104,71	152,89
	2012	47,35	103,35	150,70
Batu Bara (Miliar Ton)	2011	120,33	28,21	148,54
	2012	119,42	28,97	148,39

**Sumber :** CDIEMR (2012, 2013) dalam BBPT, Indonesia energi outlook 2014



Harga LNG (*Liquid Natural Gas*) berdasarkan data dari BBPT, Indonesia energi outlook 2014 dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut :

**Tabel 1.5** Perkiraan harga minyak dan gas bumi sampai tahun 2030

Jenis Energi	Satuan	Tahun					
		2012	2015	2020	2025	2030	2030
Minyak Bumi	USD/barrel	112,7	104,9	105,1	111,8	118,9	126,4
Batu Bara	USD/ton	95,5	80,6	90,7	102,2	115,1	129,6
LNG	USD/mmbtu*	16,7	15,3	12,6	13,3	14,3	15,4

\*mmbtu : million british thermal unit

**Sumber :** BBPT, Indonesia energi outlook 2014

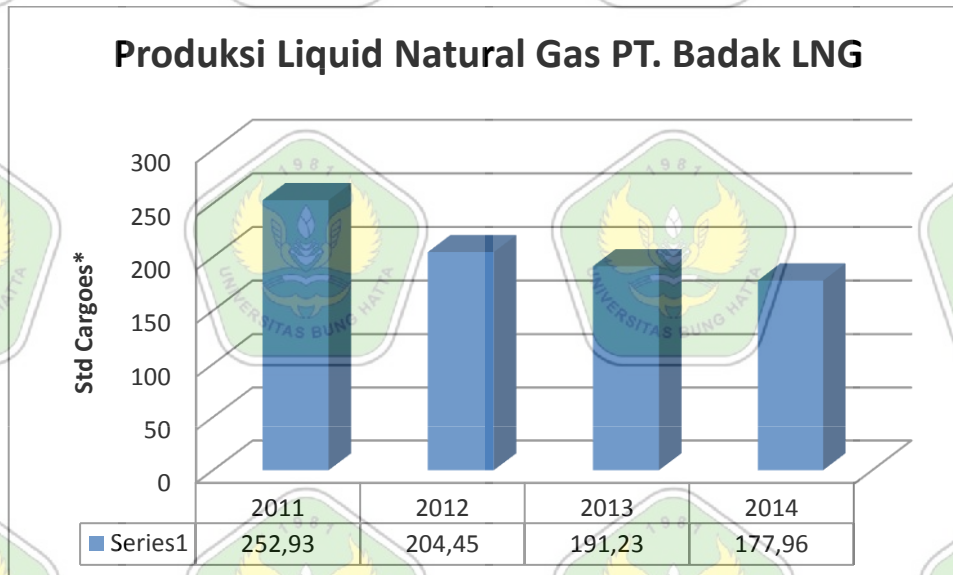
Provinsi Kalimantan Timur mempunyai peran penting dalam perekonomian nasional terutama terkait dengan sektor industri minyak dan gas bumi. Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu sentra produksi terbesar nasional untuk gas alam cair. Tingkat pengangguran terbuka Kalimantan Timur tahun 2014 sebesar 8,89 % besar dari tingkat pengangguran Nasional sebesar 5,7 % (Perkembangan Pembangunan Provinsi Kalimantan Timur, 2014). Diharapkan dengan pendirian pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dapat menyerap tenaga kerja dan mengurangi jumlah pengangguran di Kalimantan Timur.

Dilihat dari kajian ekonomi yang diberikan dalam satu tahun, bahan baku LNG dengan jumlah 2.703.959,651 mmbtu bernilai US\$ 18.927.717,56 digunakan untuk menghasilkan listrik sebesar 41 MW dapat memberikan nilai sebesar US\$ 19.026.568,16. Dengan demikian pengubahan LNG menjadi energi listrik memberikan keuntungan sebesar US\$ 19.301.546,55 diluar biaya peralatan, investasi dan lain-lain.

## 1.2 Kapasitas Rancangan

Pembangkit Listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* sangat berpotensi untuk didirikan dan dikembangkan, dikarenakan suatu teknologi yang menghasilkan listrik yang ramah lingkungan. Berdasarkan data Statistik PLN 2014 Pulau Kalimantan masih kekurangan listrik sebesar 417,65 MW, khususnya wilayah Kalimantan Utara dan Timur masih kekurangan daya listrik sebesar 32,76 MW. *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* menggunakan gas hidrogen sebagai

salah satu reaktan, maka pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* ini mendapat pasokan gas metan dari PT. Badak LNG. Produksi tiap tahun PT. Badak LNG dapat dilihat pada Gambar 1.1 dibawah ini :



**Gambar 1.1** Produksi Liquid Natural Gas PT. Badak LNG  
**Sumber :** Diolah dari Laporan Berkelanjutan PT. Badak LNG  
 \*1 *std cargoes* setara dengan 125.000 m<sup>3</sup>

Saat ini, Indonesia belum mengembangkan pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* sebagai penghasil listrik. Kapasitas rancangan pabrik *Fuel Cell* ini mengacu kepada kapasitas pembangkit listrik tenaga gas yang ada di beberapa wilayah Kalimantan Timur dapat dilihat pada Tabel 1.9 berikut :

**Tabel 1.6** Kapasitas Pembangkit Listrik di beberapa wilayah Kalimantan Timur

No	Pembangkit Listrik	Kapasitas
1.	PLTU Kariangau	2x110 MW
2.	PLTG Tanjung Batu	2x60 MW
3.	PLTU Peaking	2x100 MW
4.	PLTG Sanipah	1x41 MW

**Sumber :** PLN, 2015

Berdasarkan Tabel 1.9 dapat diperoleh kapasitas minimum pembangkit listrik tenaga gas adalah 41 MW. Dari data di atas, maka rancangan pabrik *Fuel Cell* ini adalah 41 MW dan juga memperhitungkan bahan baku yang tersedia.

### 1.3 Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* ini direncanakan di Provinsi Kalimantan Timur. Pemilihan lokasi didasarkan

kepada bahan baku, pemasaran utilitas, tenaga kerja dan kondisi daerah. Lokasi ini dipilih berdasarkan analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities* dan *Threat*). Alternatif lokasi yang dipilih adalah sebagai berikut :

**a. Desa Satimpo**

Analisa SWOT wilayah desa Satimpo untuk alternatif pendirian lokasi pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi internal dapat dilihat pada Tabel 1.7 berikut :

**Tabel 1.7** Analisa SWOT dari segi internal

Lokasi	Variabel	Internal	
		Strength (Kekuatan)	Weakness (Kelemahan)
Satimpo	• Bahan baku	• Dekat Dengan Sumber bahan baku yaitu PT. Badak LNG.	• Bahan baku hanya berasal dari produksi PT. Badak LNG.
	• Pemasaran	• Jalur Transportasi darat sudah tersedia untuk penyaluran listrik.	• Biaya listrik yang dihasilkan dari <i>fuel cell</i> lebih mahal daripada PLN, sehingga tidak dapat digunakan oleh industri kecil.
	• Utilitas	• Dekat dengan <i>Water Treatment Plan</i> PT. Badak LNG • PDAM	• Sumber air untuk steam hanya dari <i>Water Treatment Plan</i> PT. Badak LNG
	• Tenaga Kerja	• SDM yang memadai dikarenakan banyaknya perguruan tinggi di pulau Kalimantan, Khususnya di Kalimantan Timur banyak perguruan tinggi dibidang teknologi industri, teknik, migas, manajemen, dan ekonomi. • Untuk buruh juga dapat diperoleh dari penduduk sekitar.	
	• Kondisi Daerah	• Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil. • Suhu rata-rata 24°-33°C. • Dekat dengan kawasan industri Bontang.	• <i>Buffer zone</i> PT Badak LNG • <i>Buffer zone</i> adalah daerah penyanggaberupa hutan untuk antisipasi dan meminimalisir jika terjadi kecelakaan pada kilang.

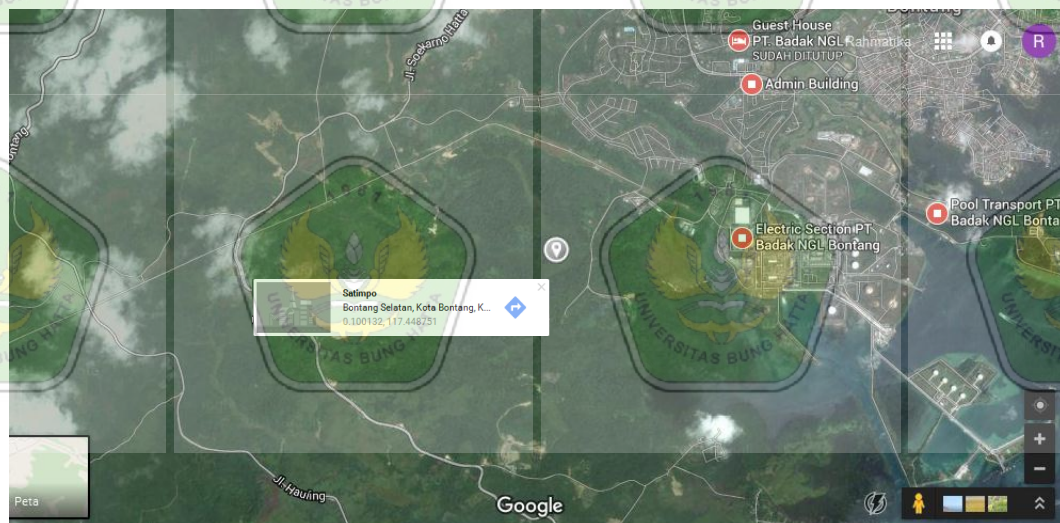


Analisa SWOT wilayah desa Satimpo untuk alternatif pendirian lokasi pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi eksternal dapat dilihat pada Tabel 1.8 berikut :

**Tabel 1.8** Analisa SWOT desa Satimpo dari segi Eksternal

Lokasi	Variabel	Eksternal	
		<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Satimpo	• Bahan baku	• Cadangan gas bumi masih besar untuh beberapa puluh tahun mendatang.	• Pengiriman dari luar wilyah/pulau jika produksi PT. Badak LNG terus menurun.
	• Pemasaran	• Dekat dengan kota dan kabupaten serta provinsi lain yang masih membutuhkan pasokan listrik. • Dekat dengan pelabuhan bontang	• Pembuatan gardu induk • Menambah jalan dari pabrik ke pelabuhan
	• Utilitas	• Dekat dengan laut yang juga merupakan sumber air.	• Mencari alternatif lain jika <i>Water Treatment Plan</i> PT. Badak LNG tidak beroperasi. • Membuat WTP baru.
	• Tenaga Kerja	• Memanfaatkan SDM berkualitas yang berasal dari lulusan terbaik dari perguruan tinggi terbaik di luar Provinsi kalimantan Timur.	

Wilayah desa Bontang Lestari dapat dilihat pada Gambar 1.3 dibawah ini :



**Gambar 1.2** Peta desa Satimpo

### b. Desa Bontang Lestari

Analisa SWOT wilayah desa Bontang Lestari untuk alternatif pendirian lokasi pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi internal dapat dilihat pada Tabel 1.9 berikut :

**Tabel 1.9** Analisa SWOT desa Bontang Lestari dari segi internal

Lokasi	Variabel	Internal	
		Strength (Kekuatan)	Weakness (Kelemahan)
Desa Bontang Lestari	• Bahan baku	• Dekat Dengan Sumber bahan baku yaitu PT. Badak LNG.	• Bahan baku hanya berasal dari produksi PT. Badak LNG.
	• Pemasaran	• Jalur Transportasi darat sudah tersedia untuk penyaluran listrik.	• Biaya listrik yang dihasilkan dari <i>fuel cell</i> lebih mahal daripada PLN, sehingga tidak dapat digunakan oleh industri kecil.
	• Utilitas	• Dekat dengan <i>Water Treatment Plan</i> PT. Badak LNG • PDAM	• Sumber air untuk steam hanya dari <i>Water Treatment Plan</i> PT. Badak LNG
	• Tenaga Kerja	• SDM yang memadai dikarenakan banyaknya perguruan tinggi di pulau Kalimantan, Khususnya di Kalimantan Timur banyak perguruan tinggi dibidang teknologi industri, teknik, migas, manajemen, dan ekonomi. • Untuk buruh juga dapat diperoleh dari penduduk sekitar.	
	• Kondisi Daerah	• Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil. • Merupakan kelurahan terluas di kota Bontang yakni 8.092 ha. • suhu rata-rata 24°-33°C. • Dekat dengan kawasan industri Bontang.	

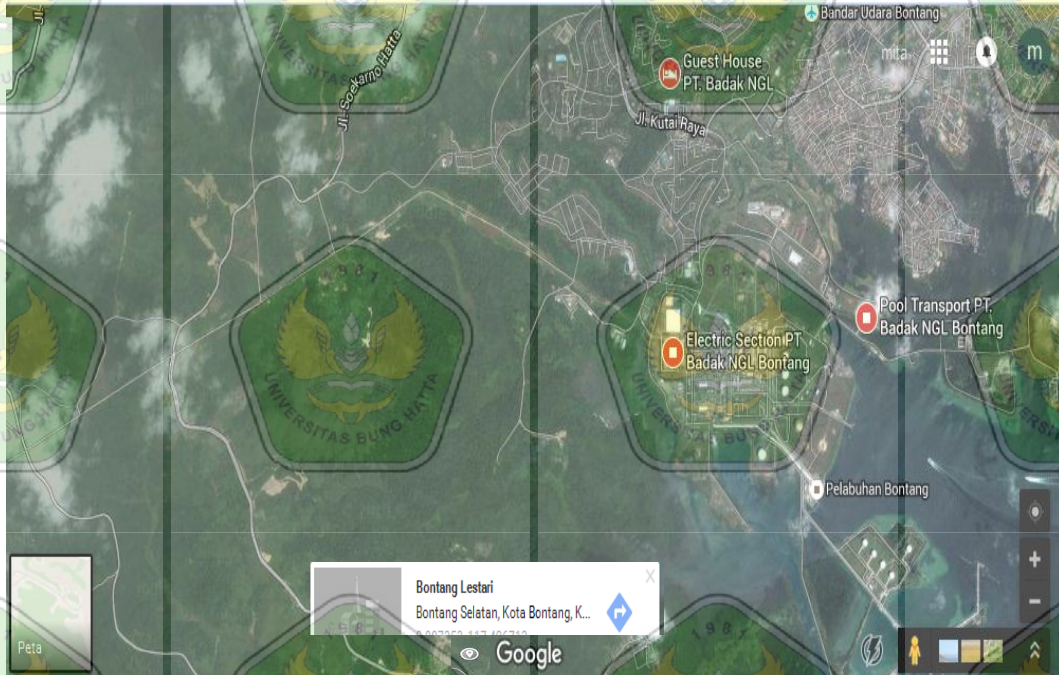


Analisa SWOT wilayah desa Bontang Lestari untuk alternatif pendirian lokasi pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi eksternal dapat dilihat pada Tabel 1.10 berikut :

**Tabel 1.10** Analisa SWOT desa Bontang Lestari dari segi eksternal

Lokasi	Variabel	Eksternal	
		<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Desa Bontang Lestari	• Bahan baku	• Cadangan gas bumi masih besar untuk beberapa puluh tahun mendatang.	• Pengiriman dari luar wilayah/pulau jika produksi PT. Badak LNG terus menurun .
	• Pemasaran	• Dekat dengan kota dan kabupaten serta provinsi lain yang masih membutuhkan pasokan listrik. • Dekat dengan pelabuhan bontang	• Pembuatan gardu induk • Menambah jalan dari pabrik ke pelabuhan
	• Utilitas	• Dekat dengan laut yang juga merupakan sumber air.	• Mencari alternatif lain jika <i>Water Treatment Plan</i> PT. Badak LNG tidak beroperasi. • Membuat WTP baru.
	• Tenaga Kerja	• Memanfaatkan SDM berkualitas yang berasal dari lulusan terbaik dari perguruan tinggi terbaik di luar Provinsi Kalimantan Timur.	

Wilayah desa Bontang Lestari dapat dilihat pada Gambar 1.3 dibawah ini :



**Gambar 1.3** Peta desa Bontang Lestari

Berdasarkan analisa SWOT pada dua wilayah di atas, maka pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* ini akan didirikan di Kota Bontang tepatnya di desa Bontang Lestari, Kelurahan Bontang Selatan. Pemilihan ini berdasarkan pada fasilitas yang tersedia seperti : sumber air (PDAM, Water Treatment Plan PT. Badak LNG Bontang), listrik (PLN), dekat transportasi darat dan laut (Pelabuhan Bontang).