

**TUGAS AKHIR**  
**PRARANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK *PROTON***  
***EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL***  
**MENGGUNAKAN GAS HIDROGEN DARI TANDAN**  
**KOSONG KELAPA SAWIT KAPASITAS 85,1**  
**TON/JAM**



Oleh :

Nama : Husnul Fikri  
NPM : 1210017411019

*Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana pada Jurusan Teknik  
Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

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

## INTISARI

Pra Rancangan Pembangkit Listrik *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* Menggunakan Gas Hidrogen Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Kapasitas 85,1 Ton/Jam ini dirancang menggunakan proses gasifikasi biomassa untuk menghasilkan gas hydrogen. Proses ini dirancang dengan kapasitas pengolahan bahan baku Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebanyak 81.5 ton/jam dengan lokasi pabrik direncanakan di kecamatan Tualang Kabupaten Siak Provinsi Riau. Pabrik ini beroperasi selama 300 hari per tahun. Proses produksi gas sintesa yang digunakan adalah proses gasifikasi biomassa dengan menggunakan gasifier berjenis *Circulation Fluidized Bed*. Proses gasifikasi biomassa berlangsung pada temperature 870 °C dan tekanan 19 psi. Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perusahaan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi "*line and staff*", dan mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 91 orang. Massa konstruksi pabrik direncanakan selama 2 tahun. Hasil analisa ekonomi pada rancangan pabrik pulp ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan jumlah total investasi yang dibutuhkan sebesar Rp 465,529,177,192.98 yang diperoleh dari pinjaman bank 50% dan 50% modal sendiri. Laju pengembalian modal (ROR) sebesar 38.13%, waktu pengembalian modal 2 tahun 8 bulan 28 hari dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 54.95%.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Tiada kata yang paling indah selain ucapan syukur kehadirat Allah SWT, karena masih 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 Exchange Membrane Fuel Cell* menggunakan gas hidrogen dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan kapasitas 85.1 ton/jam"

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. Bapak Drs. Mulyanef, ST, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Ibu Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta.
3. Ibu Ellyta Sari, S.T M.T, selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Mulyazmi, S.T M.T, selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk penyelesaian tugas akhir ini.
6. Orang tua Tercinta yang telah memberikan semangat dan dukungan yang sangat besar sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. 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.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Padang, Juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

INTISARI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
<b>BAB. I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kapasitas Pabrik.....	4
1.3 Lokasi Pabrik .....	5
<b>BAB. II TINJAUAN TEORI.....</b>	<b>10</b>
2.1 Tinjauan Umum .....	10
2.2 Tinjauan Proses .....	18
2.3 Sifat Fisika dan Kimia.....	24
2.4 Spesifikasi Bahan baku, Bahan Penunjang, dan Produk.....	29
<b>BAB. III TAHAPAN PROSES dan DESKRIPSI PROSES.....</b>	<b>32</b>
3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram .....	32
3.2 Flow Sheet dan Deskripsi Proses .....	33
<b>BAB. IV NERACA MASSA dan NERACA ENERGI.....</b>	<b>39</b>
4.1 Neraca Massa .....	39
4.2 Neraca Energi.....	53
<b>BAB. V UTILITAS .....</b>	<b>59</b>
5.1 Unit Penyediaan Listrik.....	59
5.2 Unit Pengadaan Air .....	60
<b>BAB. VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>68</b>
6.1 Spesifikasi Peralatan Utama.....	68
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	81
<b>BAB. VII TATA LETAK DAN KESEHATAN KERJA DAN</b>	
<b>LINGKUNGAN HIDUP .....</b>	<b>93</b>
7.1 Lokasi Pabrik .....	93

7.2 Tata Letak Pabrik .....	95
7.3 Instrumentasi .....	100
7.4 Keselamatan Kerja .....	102
<b>BAB. VIII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>106</b>
8.1 Struktur Organisasi .....	106
8.2 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	114
<b>BAB. IX ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>118</b>
9.1 <i>Total Capitas Investment</i> .....	118
9.2 <i>Total Production Cost</i> .....	119
9.3 <i>Total Salles</i> .....	119
9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik .....	120
<b>BAB.X TUGAS KHUSUS .....</b>	<b>122</b>
10.1 Pendahuluan .....	122
10.2 Ruang Lingkup Perancangan .....	122
<b>BAB. XI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>152</b>
11.1 Kesimpulan .....	152
11.2 Saran.....	153
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN A. NERACA MASSA</b>	
<b>LAMPIRAN B. NERACA ENERGI</b>	
<b>LAMPIRAN C. SPESIFIKASI PERALATAN DAN UTILITAS</b>	
<b>LAMPIRAN D. PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Jenis Pembangkit Listrik di Indonesia .....	2
<b>Tabel 1.2</b> Perbedaan <i>fuel cell</i> dengan pembangkit listrik yang tersedia di Indonesia.....	3
<b>Tabel 1.3</b> Peningkatan nilai ekonomi Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	4
<b>Tabel 1.4</b> Daftar perusahaan pengelola kelapa sawit di kabupaten Siak.....	4
<b>Tabel 1.5</b> Kapasitas pembangkit listrik di daerah Sumatera Utara, Sumatera Barat dan Jambi.....	5
<b>Tabel 1.6</b> Kekurangan Daya listrik region Sumatera bagian Utara dan tengah .....	5
<b>Tabel 1.7</b> Analisa SWOT kecamatan Tualang dari segi Internal .....	6
<b>Tabel 1.8</b> Analisa SWOT kecamatan Tualang dari segi eksternal .....	7
<b>Tabel 1.9</b> Analisa SWOT desa Bontang Lestari dari segi Internal.....	8
<b>Tabel 1.10</b> Analisa SWOT desa Bontang Lestari dari segi eksternal.....	9
<b>Tabel 2.1</b> Klasifikasi <i>Fuel Cell</i> .....	13
<b>Tabel 2.2</b> Karakteristik PEMFC .....	14
<b>Tabel 2.3</b> Komponen-komponen <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> .....	14
<b>Tabel 2.4</b> Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	18
<b>Tabel 2.5</b> Perbandingan proses pembuatan gas Hidrogen.....	23
<b>Tabel 2.6</b> Jenis Reaktor Gasifikasi .....	24
<b>Tabel 2.7</b> Sifat fisika Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	25
<b>Tabel 2.8</b> Sifat fisika hemiselulosa.....	25
<b>Tabel 2.9</b> Sifat fisika lignin .....	26
<b>Tabel 2.10</b> Sifat fisika hydrogen .....	26
<b>Tabel 2.11</b> Sifat Fisika metan .....	27
<b>Tabel 2.12</b> Sifat fisika Acetylene .....	27
<b>Tabel 2.13</b> Sifat fisika Ethylene .....	27
<b>Tabel 2.14</b> Sifat fisika Ethane .....	28
<b>Tabel 2.15</b> sifat fisika Olivine .....	28
<b>Tabel 2.16</b> Sifat fisika MgO .....	28
<b>Tabel 2.17</b> Sifat fisika H <sub>2</sub> O .....	29
<b>Tabel 2.18</b> Spesifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	29
<b>Tabel 2.19</b> Spesifikasi Olivine .....	29

<b>Tabel 2.20</b> Spesifikasi MgO .....	30
<b>Tabel 2.21</b> Spesifikasi air .....	30
<b>Tabel 2.22</b> Spesifikasi Hidrogen .....	30
<b>Tabel 2.23</b> Spesifikasi Metan .....	30
<b>Tabel 2.24</b> Spesifikasi Acetylene .....	30
<b>Tabel 2.25</b> Spesifikasi Ethylene .....	31
<b>Tabel 2.26</b> Spesifikasi Ethane .....	31
<b>Tabel 3.1</b> Konversi Reaksi Pada Reformer .....	36
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Massa <i>Cutter crusher</i> .....	39
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> .....	40
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa <i>gasifier</i> .....	40
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa <i>Cyclone 1</i> .....	41
<b>Tabel 4.5</b> Neraca massa <i>Cyclone 2</i> .....	42
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa Mix-Point .....	43
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa <i>Char Combustor</i> .....	43
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa Cyclone 3 .....	44
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa <i>Cyclone 4</i> .....	45
<b>Tabel 4.10</b> Neraca Massa <i>Tar reformer 1</i> .....	46
<b>Tabel 4.11</b> Neraca Massa <i>Tar reformer 2</i> .....	47
<b>Tabel 4.12</b> Neraca Massa WHB .....	48
<b>Tabel 4.13</b> Neraca massa <i>co-Shift converter</i> .....	49
<b>Tabel 4.14</b> Neraca Massa <i>wet scrubber</i> .....	50
<b>Tabel 4.15</b> Neraca massa PSA .....	51
<b>Tabel 4.16</b> Neraca massa <i>Humidifier</i> .....	51
<b>Tabel 4.17</b> Neraca massa PEMFC .....	52
<b>Tabel 4.18</b> Neraca energy <i>Rotary Dryer</i> .....	53
<b>Tabel 4.19</b> Neraca energy <i>gasifier</i> .....	53
<b>Tabel 4.20</b> Neraca energi <i>Char combustor</i> .....	54
<b>Tabel 4.21</b> Neraca energi <i>Tar reformer 1</i> .....	54
<b>Tabel 4.22</b> Neraca energy <i>Tar reformer 2</i> .....	55
<b>Tabel 4.23</b> Neraca energy WHB .....	55
<b>Tabel 4.24</b> Neraca energy <i>shift converter</i> .....	56



<b>Tabel 4.25</b> Neraca energy <i>wet scruber</i> .....	56
<b>Tabel 4.26</b> Neraca energy <i>cooler</i> .....	57
<b>Tabel 4.27</b> Neraca energy <i>heater</i> .....	57
<b>Tabel 4.28</b> Neraca energy <i>Humidifier</i> .....	58
<b>Tabel 4.29</b> Neraca energy PEMFC.....	58
<b>Tabel 5.1</b> Kualitas sungai Siak berdasarkan analisa laboratorium .....	60
<b>Tabel 5.2</b> Persyaratan umpan boiler .....	64
<b>Tabel 5.3</b> Kehilangan efisiensi thermal akibat lapisan kerak pada boiler.....	65
<b>Tabel 6.1.1</b> Spesifikasi gudang penyimpanan bahan baku.....	68
<b>Tabel 6.1.2</b> Spesifikasi Tanki penyimpanan olivine .....	68
<b>Tabel 6.1.3</b> Spesifikasi tanki penyimpanan MgO .....	69
<b>Tabel 6.1.4</b> Spesifikasi <i>Apron Conveyor</i> .....	69
<b>Tabel 6.1.5</b> Spesifikasi <i>Cutter Crusher</i> .....	70
<b>Tabel 6.1.6</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor 1</i> .....	70
<b>Tabel 6.1.7</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor 2</i> .....	71
<b>Tabel 6.1.8</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor 3</i> .....	71
<b>Tabel 6.1.9</b> Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> .....	72
<b>Tabel 6.1.10</b> Spesifikasi <i>Cyclone 1</i> .....	72
<b>Tabel 6.1.11</b> Spesifikasi <i>Cyclone 2</i> .....	73
<b>Tabel 6.1.12</b> Spesifikasi <i>Cyclone CC 1</i> .....	73
<b>Tabel 6.1.13</b> Spesifikasi <i>Cyclone CC 2</i> .....	74
<b>Tabel 6.1.14</b> Spesifikasi Blower.....	74
<b>Tabel 6.1.15</b> Spesifikasi <i>Gasifier</i> .....	74
<b>Tabel 6.1.16</b> Spesifikasi <i>Char combustor</i> .....	75
<b>Tabel 6.1.17</b> Spesifikasi WHB .....	75
<b>Tabel 6.1.18</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> .....	76
<b>Tabel 6.1.19</b> Spesifikasi <i>Heater</i> .....	77
<b>Tabel 6.1.20</b> spesifikasi <i>Tar reformer 1</i> .....	77
<b>Tabel 6.1.21</b> Spesifikasi <i>Tar reformer 2</i> .....	78
<b>Tabel 6.1.22</b> Spesifikasi <i>Wet Scrubber</i> .....	78
<b>Tabel 6.1.23</b> Spesifikasi <i>Compresor 1</i> .....	79
<b>Tabel 6.1.24</b> Spesifikasi <i>Compresor 2</i> .....	79

<b>Tabel 6.1.25</b> Spesifikasai <i>CO-Shift Converter</i> .....	79
<b>Tabel 6.1.26</b> Spesifikasi PSA .....	80
<b>Tabel 6.1.27</b> Spesifikasi Blower.....	80
<b>Tabel 6.1.28</b> Spesifikasi PEMFC .....	81
<b>Tabel 6.2.1</b> Spesifikasi pompa air sungai .....	81
<b>Tabel 6.2.2</b> Spesifikasi bak penampung air sungai .....	82
<b>Tabel 6.2.3</b> Spesifikasi pompa bak penampung .....	82
<b>Tabel 6.2.4</b> Spesifikasi tanki pelarutan alum.....	82
<b>Tabel 6.2.5</b> Spesifikasi pompa alum.....	83
<b>Tabel 6.2.6</b> Spesifikasi tanki pelarutan kapur tohor .....	83
<b>Tabel 6.2.7</b> Spesifikasi pompa larutan kapur tohor .....	84
<b>Tabel 6.2.8</b> Spesifikasi tanki pelarutan kaporit .....	84
<b>Tabel 6.2.9</b> Spesifikasi pompa larutan kaporit .....	85
<b>Tabel 6.2.10</b> Spesifikasi Clarivier .....	85
<b>Tabel 6.2.11</b> Spesifikasi pompa clarivier .....	86
<b>Tabel 6.2.12</b> Spesifikasi sand filter .....	86
<b>Tabel 6.2.13</b> Spesifikasi pompa dari sand filter .....	87
<b>Tabel 6.2.14</b> Spesifikasi bak penampung air bersih .....	87
<b>Tabel 6.2.15</b> Spesifikasi pompa dari penampung air bersih.....	87
<b>Tabel 6.2.16</b> spesifikasi Reverse Osmosis .....	88
<b>Tabel 6.2.17</b> Spesifikasi pompa dari RO.....	88
<b>Tabel 6.2.18</b> Spesifikasi tanki air demin .....	89
<b>Tabel 6.2.19</b> spesifikasi pompa masuk cooling tower.....	89
<b>Tabel 6.2.20</b> Spesifikasi cooling tower .....	89
<b>Tabel 6.2.21</b> Spesifikasi pompa dari palant masuk cooling tower .....	90
<b>Tabel 6.2.22</b> Spesifikasi pompa dari cooling tower .....	90
<b>Tabel 6.2.23</b> Spesifikasi pompa kondesat masuk deaerator .....	91
<b>Tabel 6.2.24</b> Spesifikasi deaerator.....	91
<b>Tabel 6.2.25</b> Spesifikasi pompa dari deaerator .....	91
<b>Tabel 6.2.26</b> Spesifikasi boiler .....	92
<b>Tabel 6.2.27</b> Spesifikasi pompa bahan bakar .....	92
<b>Tabel 7.1</b> Peralatan proses pabrik serta jenis-jenis instrument yang digunakan .....	102

<b>Tabel 8.1</b> Karyawan non-shift .....	112
<b>Tabel 8.2</b> Karyawan shift .....	113
<b>Tabel 8.3</b> Waktu kerja karyawan non-shift .....	114
<b>Tabel L.A.1</b> Neraca Massa cutter crusher .....	LA-1
<b>Tabel L.A.2</b> Neraca massa rotary dryer.....	LA-2
<b>Tabel L.A.3</b> Neraca massa gasifier .....	LA-5
<b>Tabel L.A.4</b> Neraca massa cyclone 1 .....	LA-7
<b>Tabel L.A.5</b> Neraca massa cyclone 2.....	LA-8
<b>Tabel L.A.6</b> Neraca maassa mix point .....	LA-10
<b>Tabel L.A.7</b> Neraca massa char combustor .....	LA-12
<b>Tabel L.A.8</b> Neraca massa cyclone 3 .....	LA-13
<b>Tabel L.A.9</b> Neraca massa cyclone 4.....	LA-14
<b>Tabel L.A.10</b> Neraca massa Tar reformer 1 .....	LA-18
<b>Tabel L.A.11</b> Neraca massa tar reformer II .....	LA-21
<b>Tabel L.A.12</b> Neraca massaWHB .....	LA-22
<b>Tabel L.A.13</b> Nercaca massa shift converter .....	LA-23
<b>Tabel L.A.14</b> Neraca massa wet scruber.....	LA-24
<b>Tabel L.A.15</b> Neraca massa PSA .....	LA-26
<b>Tabel L.A.16</b> Neraca massa humidifier .....	LA-27
<b>Tabel L.A.17</b> Neraca massa PEMFC .....	LA-28
<b>Tabel L.B.1</b> Kapasitas pasnas bahan.....	LB-2
<b>Tabel L.B.2</b> Nilai panas pembentukan komponen .....	LB-2
<b>Tabel L.B.3</b> Neraca energy rotary dryer .....	LB-4
<b>Tabel L.B.4</b> Neraca energy gasifier .....	LB-7
<b>Tabel L.B.5</b> Neraca energy char combustor.....	LB-10
<b>Tabel L.B.6</b> Neraca energy tar reformer 1 .....	LB-15
<b>Tabel L.B.7</b> Neraca energy tar reformer 2 .....	LB-19
<b>Tabel L.B.8</b> Neraca energy WHB .....	LB-21
<b>Tabel L.B.9</b> Neraca energy shift converter .....	LB-24
<b>Tabel L.B.10</b> Neraca energy wet scruber.....	LB-26
<b>Tabel L.B.11</b> Neraca energy cooler .....	LB-27
<b>Tabel L.B.12</b> Neraca energy rotary Heater .....	LB-28

<b>Tabel L.B.13</b> Neraca energy humidifier.....	LB-29
<b>Tabel L.B.14</b> Neraca energy PEMFC .....	LB-31

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Kebutuhan energy listrik nasional 2008 – 2014 .....	1
<b>Gambar 1.2</b> penggunaan energy listrik nasional berdasarkan sektor .....	1
<b>Gambar 1.3</b> Penggunaan bahan bakar pada pembangkit listrik di indonesia .....	2
<b>Gambar 1.4</b> Perencanaan lokasi pendirian pabrik .....	7
<b>Gambar 1.5</b> Peta kecamatan Buntu Pane .....	9
<b>Gambar 2.1</b> Skema reaksi pada <i>fuel cell</i> .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Skema proses yang terjadi dalam stek fuel cell .....	12
<b>Gambar 2.3</b> Sumber hydrogen dan proses alternative yang digunakan .....	16
<b>Gambar 2.4</b> Blok diagram proses steam reforming .....	19
<b>Gambar 2.5</b> Blok diagram proses gasifikasi biomassa .....	21
<b>Gambar 2.6</b> Blok diagram proses gasifikasi batubara .....	22
<b>Gambar 2.7</b> Skema proses pembuatan hydrogen melalui proses hidrolisis .....	23
<b>Gambar 3.1</b> Blok diagram pembangkit listrik PEMFC .....	33
<b>Gambar 3.2</b> Flow sheet pra rancangan pembangkit listrik PEMFC .....	34
<b>Gambar 5.1</b> Blok diagram proses pengolahan air sanitasi.....	61
<b>Gambar 5.2</b> Lapisan kerak pada pipa .....	65
<b>Gambar 5.3</b> Blok diagram proses pengolahan air proses .....	66
<b>Gambar 7.1</b> Tata letak pabrik .....	98
<b>Gambar 7.2</b> Tata letak peralatan pabrik.....	99
<b>Gambar 8.1</b> Struktur organisasi perusahaan .....	117
<b>Gambar 9.1</b> Grafik BEP .....	121
<b>Gambar D.3</b> Grafik BEP.....	LD-18

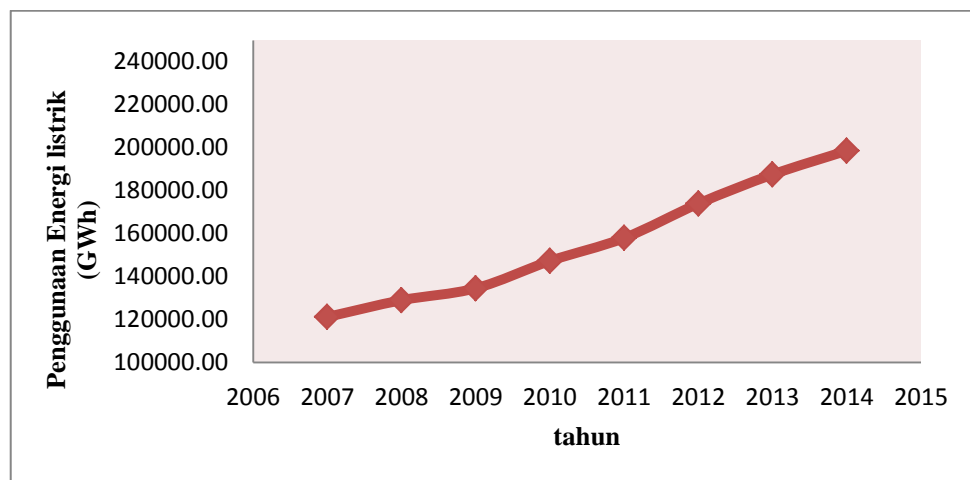


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

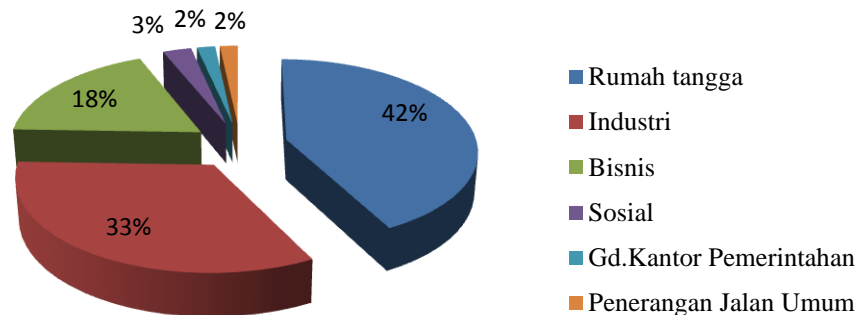
Kebutuhan manusia akan energi listrik terus meningkat, sehingga perkembangan teknologi semakin banyak memanfaatkan energi listrik sebagai sumber energi. Kebutuhan energi listrik Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Pernyataan ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Kebutuhan energi listrik nasional tahun 2008-2014

(Sumber: Data Statistik PT.PLN tahun 2014)

Sektor pengguna listrik di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Penggunaan energi listrik nasional berdasarkan sektor tahun 2014

(Sumber: Data statistic PT.PLN tahun 2014)

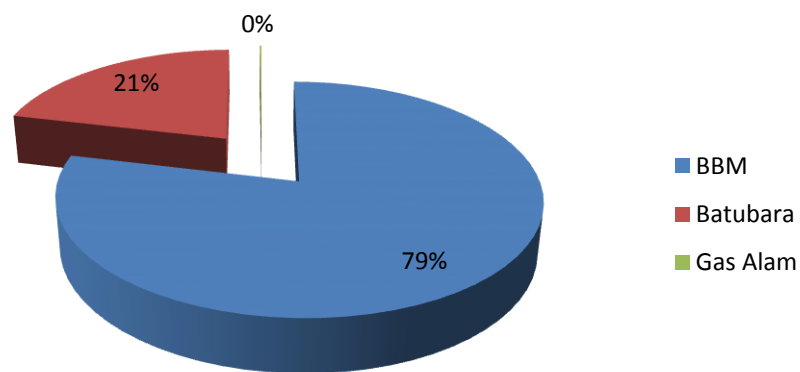
Jenis pembangkit listrik yang digunakan sebagai penyuplai kebutuhan energi listrik di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Jenis pembangkit listrik di Indonesia.

Jenis Pembangkit Listrik	Nilai (%)
PLTA	4.5
PLTU	1.7
PLTG	1.6
PLTGU	1.4
PLTP	0.3
PLTD	89.3
PLT Surya	1.2
Total	100

(Sumber: Data Statistik PT. PLN tahun 2014)

Penggunaan bahan bakar pada pembangkit listrik di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.3.



**Gambar 1.3** Penggunaan bahan bakar pada pembangkit listrik di Indonesia

(Sumber: Data statistik PT. PLN tahun 2011)

Bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Alternatif untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil pada pembangkit listrik adalah dengan menggunakan teknologi *Fuel cell*, karena bahan baku yang digunakan berupa gas Hidrogen sebagai penghasil energi listrik.

*Fuel Cell* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi Hidrogen dan Oksigen menjadi energi listrik dengan menghasilkan produk samping berupa air dan panas. (Sriyono, 2012). Alat ini tidak memiliki efek samping yang berdampak buruk pada lingkungan.

Adapun kelebihan *fuel cell* bila dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik yang telah tersedia di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2.



**Tabel 1.2** Perbedaan *fuel cell* dengan pembangkit listrik yang tersedia di Indonesia.

Klasifikasi	Jenis Pembangkit	
	<i>Fuel Cell</i>	Jenis Pembangkit Lain (PLTA, PLTU, PLTG, PLTD, PLTGU, PLT surya)
Penggunaan Bahan Bakar	Bahan bakar berasal dari gas Hidrogen dan Oksigen	Bahan bakar berasal dari energi fosil
Limbah Yang Dihasilkan	Limbah yang dihasilkan berupa H <sub>2</sub> O sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan	Menghasilkan gas hasil pembakaran yang tidak ramah terhadap lingkungan
Kondisi Operasi	Selama ketersediaan bahan baku masih ada, maka operasi akan terus berlangsung	Tergantung pada kondisi lingkungan khususnya pada PLTA dan PLTS

*Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) merupakan salah satu jenis sel bahan bakar yang memiliki keunggulan berupa kerapatan daya yang tinggi, bekerja pada temperatur rendah (60°C-80°C), dan kemudahan bahan bakar (Kumar, 2003). Dengan keunggulan ini, PEMFC dipilih untuk diaplikasikan sebagai sumber energi pada transportasi, sistem pembangkit listrik, dan beberapa peralatan elektronik portable (Amuwabumi, 2004).

Pada dasarnya bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik menggunakan *fuel cell* ialah Hidrogen dan Oksigen. Hidrogen murni dapat dihasilkan dengan menggunakan beberapa proses di bawah ini:

- *Steam Reforming*
- *Gasification from coal*
- *Gasification Biomassa*
- *Water Elektrolisis*

Gasifikasi biomassa merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengkonversi padatan biomassa menjadi gas sintesis berupa H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan CO dengan menggunakan temperatur tinggi. Biomassa merupakan material sisa dari makhluk hidup seperti kayu dari hutan, kotoran sapi, maupun material sisa dari hasil pertanian. Salah satu jenis biomassa yang masih sedikit pemanfaatannya ialah biomassa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk kompos dan juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber biomassa penghasil gas Hidrogen

dan gas sintetis lainnya. Pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) menjadi gas sintetis seperti Hidrogen maupun Methane akan menjadikan nilai ekonominya meningkat. Peningkatan nilai ekonomi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3.** Peningkatan nilai ekonomi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Bahan	Massa (kg)	Harga Satuan (Rp)	Nilai Jual
TKKS	715,613.63	0	Rp -
CH <sub>4</sub>	52,369.18	134,000	Rp 7,017,469,905.60
Listrik	777,544.82	939.74	Rp 730,689,971.17

Pada awalnya Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) tidak memiliki harga jual, jika diubah menjadi gas sintetis salah satunya gas *methane* maka akan menghasilkan nilai jual sebesar Rp. 7,017,469,905.- dan apabila dimanfaatkan menjadi energi listrik maka akan memiliki nilai jual menjadi Rp. 730,689,971.-. Dengan asumsi harga *methane* per kilogramnya sebesar Rp. 134,000/kg dan energi listrik Rp. 939.74 /KWh.

## 1.2 Kapasitas Pabrik

Besarnya kapasitas pabrik pembangkit listrik menggunakan *fuel cell* ini ditentukan berdasarkan banyaknya bahan baku berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang berasal dari pabrik pengolahan kelapa sawit yang berada di sekitar pabrik. Daftar perusahaan pengolahan kelapa sawit yang berada di daerah kabupaten Siak dan sekitarnya dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Daftar perusahaan pengolahan kelapa sawit di kabupaten Siak dan sekitarnya

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/h)	TKKS (ton/h)	Hidrogen (kg)
PKS Buatan I	Buatan, Pangkalan Kerinci	60	13.8	838.26
PKS Buatan II	Buatan, Pangkalan Kerinci	60	13.8	838.26
PKS Teluk Siak	Teluk Siak, kab Siak	45	10.35	628.7
PKS PT. SIR Lukut	Sei.Lukut	45	10.35	628.7
PKS Murni Sam-Sam	Bengkalis	90	20.7	1257.4
PKS PT.Tirta Utama	Siak	40	9.2	558.84
PT.PN V	Lubuk dalam	30	6.9	419.13
<b>Total</b>		<b>370</b>	<b>85.1</b>	<b>5169.328</b>

(Sumber: Kementerian Perindustrian 2015)

Dari Tabel 1.4 maka direncanakan kapasitas pengolahan bahan baku berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebesar **85.1 ton/jam** yang menghasilkan gas Hidrogen sebesar **5,169,328 kg/jam**.

Indonesia belum memiliki pembangkit listrik menggunakan *Fuel Cell*, untuk itu penentuan kapasitas pembangkit listrik mengacu pada kapasitas pembangkit listrik yang tersedia di daerah Sumatera Utara, Sumatera Barat, dan Jambi. Kapasitas pembangkit listrik yang berada di daerah tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.5

**Tabel 1.5** Kapasitas pembangkit listrik di daerah Sumatera Utara, Sumatera Barat, dan Jambi

No	Pembangkit Listrik	Kapasitas
1	PLTA Koto Panjang	3x38 MW
2	PLTA Sigura-gura	4x71.50 MW
3	PLTA Tangga	4x79.5 MW
4	PLTA Asahan I	2x90 MW
5	PLTU Leu Renun	2x41 MW

Sumber : PT. PLN 2012

Tabel 1.6 menunjukkan kekurangan listrik di daerah Sumatera bagian Tengah dan Utara.

**Tabel 1.6** Kekurangan daya listrik region Sumatera bagian Utara dan Tengah

Daerah	Kekurangan Daya (MW)
Aceh	211.04
Sumatera Utara	31.98
Sumatera Barat	16.79
Riau	162.32
Total	422.13

Berdasarkan hal tersebut maka direncanakan kapasitas pembangkit listrik PEMFC yang direncanakan sebesar 68 MW yang diharapkan dapat memenuhi 16% dari kekurangan daya untuk daerah Sumatera bagian Utara dan Tengah.

### 1.3 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian pabrik ini direncanakan di daerah kecamatan Tualang, kabupaten Siak, provinsi Riau, atau kecamatan Buntu Pane, kabupaten Asahan provinsi Sumatera Utara. Beragamnya lokasi yang akan dipilih tersebut membuat pemilihan lokasi dilakukan dengan analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities and Threat*).

### a. Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak

Analisa SWOT wilayah desa kecamatan Tualang, kabupaten Siak alternatif pendirian lokasi pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi internal dapat dilihat pada Tabel 1.7.

**Tabel 1.7.** Analisa SWOT kecamatan Tualang dari segi internal

Lokasi	Variabel	Internal	
		<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)
kec. Tualang kab. Siak	• Bahan baku	• Dekat dengan sumber bahan baku yang berasal dari pabrik pengolah kelapa sawit terdekat.	• Belum adanya fasilitas jalan menuju ke lokasi pabrik sebagai fasilitas transportasi darat untuk penyuplai bahan baku.
	• Pemasaran	• Jalur Transportasi darat sudah tersedia untuk penyaluran listrik dengan menggunakan kabel listrik.	• Biaya listrik yang dihasilkan dari <i>fuel cell</i> lebih mahal dari pada PLN, sehingga tidak dapat digunakan oleh industri kecil. • Belum memiliki gardu induk untuk pendistribusian listrik
	• Utilitas	• Dekat dengan <i>Water Treatment Plan</i> PT.IKPP	• Sumber air untuk steam hanya dari <i>Water Treatment Plan</i> PT. IKPP
	• Tenaga Kerja	• SDM yang memadai dikarenakan banyaknya perguruan tinggi di pulau Sumatera, Khususnya di Riau banyak perguruan tinggi dibidang teknologi industri, teknik, migas, manajemen, dan ekonomi. • Untuk buruh juga dapat diperoleh dari penduduk sekitar.	• Memerlukan memberikan pelatihan kepada tenaga kerja
	• Kondisi Daerah	• Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil. • Suhu rata-rata 24°-33°C. • Merupakan wilayah industri kab. Siak	• Memiliki tanah gambut yang mengakibatkan air menjadi berwarna kemerahan

Analisa SWOT wilayah kecamatan Tualang untuk alternatif pendirian lokasi pabrik pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi eksternal dapat dilihat pada Tabel 1.8.

**Tabel 1.8** Analisa SWOT kecamatan Tualang dari segi Eksternal

Lokasi	Variabel	Eksternal	
		<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
kecamatan Tualang, kabupaten Siak	• Bahan baku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku masih banyak tersedia karena masih kurangnya upaya pengolahan limbah TKKS</li> <li>• Serat kayu dari pabrik PT.IKPP digunakan sebagai bahan baku alternatif biomassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mencari sumber biomassa lain jika kapasitas TKKS mulai berkurang</li> </ul>
	• Pemasaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekat dengan kota dan kabupaten serta provinsi lain yang masih membutuhkan pasokan listrik.</li> <li>• Berada di kawasan industri sehingga dapat menyuplai listrik ke beberapa industri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembuatan gardu induk</li> </ul>
	• Utilitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekat dengan sungai Siak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mencari alternatif lain jika <i>Water Treatment Plan</i> PT. IKPP tidak beroperasi.</li> <li>• Membuat WTP baru.</li> </ul>
	• Tenaga Kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memanfaatkan SDM berkualitas yang berasal dari lulusan terbaik dari perguruan tinggi terbaik di luar provinsi Riau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diperlukannya pelatihan untuk melatih tenaga kerja</li> </ul>

Wilayah Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak dapat dilihat pada Gambar 1.4.

**Gambar 1.4** Perencanaan Lokasi Pendirian Pabrik.

**b. Kecamatan Buntu Pane, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara**

Analisa SWOT wilayah kecamatan Buntu Pane untuk alternatif pendirian lokasi pabrik pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi internal dapat dilihat pada Tabel 1.9.

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

Lokasi	Variabel	Internal	
		<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)
kec. Buntu Pane	• Bahan baku	• Dekat Dengan Sumber bahan baku yang berasal dari pabrik pengolahan kelapa sawit	• Tidak adanya fasilitas jalan menuju lokasi pabrik
	• Pemasaran	• Jalur Transportasi darat sudah tersedia untuk penyaluran listrik. • Telah memiliki gardu induk di daerah Kuala Tanjung	• Biaya listrik yang dihasilkan dari <i>fuel cell</i> lebih mahal dari pada PLN, sehingga tidak dapat digunakan oleh industri kecil.
	• Utilitas	• Dekat dengan sungai Asahan	• Belum adanya WTP terdekat
	• Tenaga Kerja	• SDM yang memadai dikarenakan banyaknya perguruan tinggi di pulau Sumatera, khususnya di Sumatera Tengah banyak perguruan tinggi dibidang teknologi industri, teknik, migas, manajemen, dan ekonomi. • Untuk buruh juga dapat diperoleh dari penduduk sekitar.	• Diperlukannya pelatihan untuk melatih tenaga kerja
	• Kondisi Daerah	• Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil. • suhu rata-rata 24°-33°C.	• Memiliki tanah gambut yang mengakibatkan air menjadi berwarna kemerahan

Analisa SWOT wilayah Kecamatan Buntu Pane Lestari untuk alternatif pendirian lokasi pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* dari segi eksternal dapat dilihat pada Tabel 1.10.

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

Lokasi	Variabel	Eksternal	
		<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
kec. Buntu Pane	• Bahan baku	• Bahan baku masih banyak tersedia karena masih kurangnya pengolahan limbah TKKS	• Mencari sumber biomassa lain jika kapasitas TKKS berkurang
	• Pemasaran	• Dekat dengan kota dan kabupaten serta provinsi lain yang masih membutuhkan pasokan listrik.	
	• Utilitas	• Dekat dengan sungai Asahan	• Membuat WTP baru.
	• Tenaga Kerja	• Memanfaatkan SDM berkualitas yang berasal dari lulusan terbaik dari perguruan tinggi terbaik di luar Medan, terutama di Sumbar, Jambi, Aceh, dan Riau	• Memberikan Pelatihan Kepada tenaga kerja untuk menciptakan SDM yang berkualitas

Wilayah kecamatan Buntu pane dapat dilihat pada Gambar 1.5 dibawah ini :

**Gambar 1.5** Peta Kecamatan Buntu Pane

Berdasarkan analisa SWOT pada dua wilayah diatas, maka pembangkit listrik *Proton Electrolite Membrane Fuel Cell* ini akan didirikan di kecamatan Tualang. Pemilihan ini berdasarkan pada fasilitas yang tersedia seperti : sumber air (PDAM, Water Treatment Plan PT. IKPP.), listrik (PLN), dekat transportasi darat dan dekat dengan sumber bahan baku.





