

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT (POME-
PALM OIL MIL EFFLUENT) SEBAGAI BAHAN BAKAR
BIOGAS & SUMBER ENERGI LISTRIK–TINJAUAN TENTANG
POTENSI POME DI PROVINSI NANGROE ACEH
DARUSALLAM (NAD)**



Oleh :

FANDY PARLINDUNGAN MARPAUNG, ST

NIM: 1605190003

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA
2019**

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT (POME-
PALM OIL MIL EFFLUENT) SEBAGAI BAHAN BAKAR
BIOGAS & SUMBER ENERGI LISTRIK–TINJAUAN TENTANG
POTENSI POME DI PROVINSI NANGROE ACEH
DARUSALLAM (NAD)**



**Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan guna
memperoleh gelar Magister Teknik Elektro (MTE)**

FANDY PARLINDUNGAN MARPAUNG

NIM: 1605190003

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA
2019**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

PERSETUJUAN KOMISI PEMBIMBING

N A M A	TANGGAL	TANDA TANGAN
1. Prof. Atmonobudi Soebagyo, Ph.D. Pembimbing 1
2. Dr. Qamaruzzaman, MS Pembimbing 2

PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI

N A M A	TANGGAL	TANDA TANGAN
1. Dr. Togar Harapan Pangaribuan, MT
2. Prof. Atmonobudi Soebagyo, Ph.D
3. Dr. Qamaruzzaman, MS

Tanggal Lulus :
Nomor Induk Mahasiswa : 1605190003



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

Lembar Persetujuan dan Pengarsipan
Ke Perpustakaan Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Mengetahui
Ketua Program Studi
Magister Teknik Elektro

Dr. Togar Harapan Pangaribuan, MT

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fandy Parlindungan Marpaung
NIM : 1605190003
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul : Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit (POME-Palm Oil Mill Effluent) sebagai Bahan Bakar Biogas & Sumber Energi Litrik-Tinjauan tentang Potensi POME di Provinsi Nangroe Aceh Darusallam (NAD)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutib dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tesis ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Jakarta, Februari 2019

Fandy Parlindungan Marpaung, ST

ABSTRAK

Kebutuhan tenaga listrik 70 MW dari 370 MW di Provinsi Nangroe Aceh Darusallam (NAD) pada saat beban puncak masih bergantung dari Provinsi Sumatera Utara. Ketergantungan kebutuhan tersebut dapat dikurangi melalui PLTBg (Pembangkit Listrik Tenaga Biogas) yang berasal dari biogas yang dihasilkan pada proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menjadi crude palm oil (CPO). Produksi TBS di Provinsi NAD pada tahun 2016 sebesar 399.618 ton.

Biogas sebagai bahan bakar PLTBg dihasilkan dari palm oil mill effluent (POME) yang secara alami dapat menghasilkan metana. Terdapat tiga proses utama yang menghasilkan POME yaitu tiga:

- Proses sterilisasi tandan buah segar.
- Proses penjernihan minyak sawit mentah atau CPO yaitu pemerasan, memisahkan, dan penjernihan.
- Pemerasan tandan kosong.

Konversi POME menjadi metana menggunakan proses anaerobic berlangsung melalui tahapan hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Metana yang dihasilkan akan dikonversi menjadi tenaga listrik melalui *gas engine*.

Kata kunci— POME, TBS, CPO, biogas, metana, anaerobic digestion, kelapa sawit, gas engine, hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, metanogenesis

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan karena kasih dan penyertaan Tuhan maka tesis yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit (POME-Palm Oil Mill Effluent) sebagai Bahan Bakar Biogas & Sumber Energi Listrik-Tinjauan tentang Potensi POME di Provinsi Nangroe Aceh Darussalam (NAD)” dapat selesai dengan baik dan tepat pada waktunya. Secara khusus Saya ucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga Marpaung *pomparan* Ompung Helena dan semua keluarga Pardosi *pomparan* Ompung Gerald atas motivasi dan dukungan doanya Lebih khusus lagi Saya mengucapkan terima kasih kepada istri terkasih Irawati Pardosi (Mama Gerald), anak dan *boru* Saya terkasih Abang Gerald Marpaung dan Kakak Gressia Marpaung atas dukungan doa dan motivasi yang luar biasa dari kalian bertiga sehingga tesis ini bisa selesai dengan baik. Kepada dosen pembimbing Prof. Atmonobudi S, Ph.D dan Bapak Dr. Qamaruzzaman, MS, Saya mengucapkan terima kasih atas konsultasi dan bimbingan selama penulisan tesis ini. Juga kepada Bapak Dr. Togar Pangaribuan, MT selaku komisi penguji dan sebagai Kepala Program Studi Magister Teknik Elektro Saya mengucapkan terima kasih atas saran selama sidang tesis berlangsung. Tak lupa Saya mengucapkan terima kasih kepada teman-teman sesama mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro tempat konsultasi dan berdiskusi bersama.

POME yang merupakan limbah cair yang dihasilkan dalam proses pengolahan tandan buah segar (TBS) dari kelapa sawit dapat digunakan sebagai bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg). POME menghasilkan biogas yang menghasilkan metana yang kemudian diubah menjadi tenaga listrik oleh *gas engine*. Dengan produksi kelapa sawit di tahun 2016 yang mencapai 399.618 ton dapat memberi kontribusi pengurangan penggunaan bahan bakar yang berasal dari fosil dan juga mengurangi pelepasan GRK (gas rumah kaca) ke atmosfer. Dengan adanya PLTBg ketergantungan terhadap kebutuhan energi listrik dari PLN dapat dikurangi dan memberikan tambahan income dengan menjual eksese tenaga listrik ke PLN.

Semoga tulisan ini dapat bermanfaat baik secara akademis maupun praktis baik di dunia pendidikan maupun di dunia industri.

Tangerang, Februari 2019

Fandy Parlindungan Marpaung

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
PRAKATA	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II PENDAHULUAN	4
2.1 Umum	4
2.2 Proses Pengolahan TBS Menjadi CPO	5
2.3 Limbah Sawit	11
2.4 POME	12
2.5 Teknologi Penguraian Anaerobic	16
2.6 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Biogas	19
2.7 Menghitung Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari POME	24
2.8 Emisi Gas Rumah Kaca	25
2.9 Beban Listrik	25
2.10 Biaya Projek & Operasional dan Perawatan	26
2.11 Kelebihan Listrik dan PPA (<i>Power Purchasing Agreement</i>) dan <i>Excess Power</i>	27
BAB III DATA-DATA	28
3.1 General	28
3.2 Kebijakan Energi Nasional	28

3.3	Statistik Kelapa Sawit di Provinsi NAD	29
3.4	Statistik Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik di Indonesia	31
3.5	Spesifikasi dari <i>Gas Engine</i>	33
3.6	Biogas terhadap Bahan Bakar Lain	33
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM		34
4.1	Umum	34
4.2	Kapasitas Pembangkitan	34
4.3	Neraca Masa Kelapa Sawit	36
4.4	Konsumsi Listrik PKS	37
4.5	Biaya Investasi dan Operasi & Perawatan	38
4.6	Kredit Karbon	39
BAB V PENUTUP		41
5.1	Penutup	41
5.2	Kesimpulan	41
5.3	Saran	42
5.4	Daftar Pustaka	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jenis Limbah dari Kelapa Sawit	12
Tabel 2 Karakteristik POME Tanpa Diolah dan Baku Mutu Sesuai Peraturan	13
Tabel 3 Kandungan Biogas	13
Tabel 4 Proyeksi Potensi Daya dari POME Berdasarkan Kapasitas PKS	14
Tabel 5 Perbandingan antara CSTR dan Kolam Tertutup	19
Tabel 6 Menghitung Potensi Energi Terbarukan dari POME	24
Tabel 7 Asumsi dalam Menghitung Potensi Daya	24
Tabel 8 Indeks Global Warming Potensial (GWP)	25
Tabel 9 Contoh Harga Teknologi Terapan Kolam tertutup dan Tangki Reaktor	27
Tabel 10 <i>Feed-in-tariff</i> untuk Energi Terbarukan dari Biomassa dan Biogas	27
Tabel 11 Luas Tanam Kelapa Sawit Provinsi NAD	30
Tabel 12 Produksi Kelapa Sawit di Provinsi NAD	31
Tabel 13 Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik menurut Provinsi (MW)	32
Tabel 14 Spesifikasi dari Gas Engine (Biogas Series 4000, MTU onsite energy)	33
Tabel 15 Perbandingan 1 m ³ Biogas terhadap Beberapa Jenis Bahan Bakar	33
Tabel 16 Nilai Konversi POME ke Kapasitas Pembangkitan Listrik	35
Tabel 17 Parameter Konversi POME ke Kapasitas Pembangkitan Listrik	36
Tabel 18 Nilai Konversi POME ke Kapasitas Pembangkitan	36
Tabel 19 Perbandingan antara Hasil Perhitungan dan Berdasarkan Tabel	37

Tabel 20 Jenis Limbah dari Kelapa Sawit dari PKS	37
Tabel 21 Biaya O & P dan Ekses Listrik dari PKS	38
Tabel 22 Energi yang Dihasilkan dari Limbah PKS	39
Tabel 23 Bahan Bakar yang Dapat Dihasilkan dari Biogas	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Buah Sawit	4
Gambar 2a Proses Produksi dari Pabrik Kelapa Sawit di Indonesia.	9
Gambar 2b Neraca Masa dari Integrasi yang Diajukan untuk Proses CPO dan PKO	10
Gambar 3 Neraca Masa PKS	11
Gambar 4a. FFB/TBS	11
Gambar 4b. Tandan Kosong Sawit	11
Gambar 4c. Cangkang Sawit	12
Gambar 4d. Fiber/Serat Sawit	12
Gambar 5 Proses Penguraian Anaerobik	16
Gambar 6a Kolam Tertutup	19
Gambar 6b <i>Continuous Stirred Tank Reactor</i> (CSTR)	19
Gambar 7 Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Biogas	19
Gambar 8a <i>Flare</i>	23
Gambar 8b <i>Dehumidifier Gas</i>	23
Gambar 8c <i>Burner Biogas</i>	23
Gambar 8d <i>Biogas Engine</i>	23
Gambar 8e <i>Scrubber H₂S</i>	23
Gambar 9 Sasaran Bauran Energi Dalam Draft Kebijakan Energi Nasional Dalam Persentase (DEN, 2012)	28
Gambar 10 Target Bauran Energi Tahun 2025 (PP 79/2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional)	29