

STUDI POTENSI ENERGI BARU TERBARUKAN UNTUK MENGATASI DEFISIT PASOKAN TENAGA LISTRIK DI DAERAH SUMATERA UTARA

Nanda Eka Perkasa Pane, Surya Tarmizi Kasim

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: neppane@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan populasi manusia menyebabkan peningkatan permintaan akan hasil industri dan permintaan akan daya listrik. Peningkatan aktivitas perindustrian menyebabkan peningkatan jumlah limbah perindustrian, salah satunya adalah limbah industri pengolahan kelapa sawit. Pabrik kelapa sawit (PKS) memiliki dua jenis limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Tulisan ini membahas tentang pemanfaatan limbah padat dan limbah cair PKS sebagai sumber energi baru terbarukan. Penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data PKS milik PT Perkebunan Nusantara II (Persero), PT Perkebunan Nusantara III (Persero) dan PT Perkebunan Nusantara IV (Persero) yang berlokasi di Provinsi Sumatera Utara berupa jumlah unit dan kapasitas produksi PKS. Melalui data kapasitas produksi PKS dapat dihitung ketersediaan limbah PKS dan kemudian dapat dihitung energi dan daya listrik yang mampu dihasilkan. Limbah padat PKS berpotensi membangkitkan daya listrik sekitar 3,61 MW sedangkan limbah cair PKS menghasilkan biogas yang berpotensi membangkitkan daya listrik sekitar 1,45 MW untuk PKS yang berkapasitas produksi 60 ton tbs/jam. Total potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari limbah PKS berkapasitas 60 ton tbs/jam adalah sekitar 5,06 MW. Adapun potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari limbah seluruh unit PKS adalah sekitar 115,95 MW. Biaya pembangkitan energi listrik berbahan bakar limbah padat PKS adalah sekitar Rp 714,64/KWh dan biaya pembangkitan energi listrik berbahan bakar biogas limbah cair PKS adalah sekitar Rp 1.106,04/KWh.

Kata kunci: Pembangkit Listrik, Biomassa Sawit, Biogas Sawit, Biaya Pembangkitan

1. Pendahuluan

Permintaan energi listrik yang meningkat setiap tahunnya menjadi masalah tersendiri di setiap negara di dunia. Begitu pula dengan Indonesia, khususnya Sumatera Utara. Pertumbuhan beban yang tidak diikuti dengan pertambahan pusat pembangkit tenaga listrik menyebabkan krisis energi listrik.

Di sisi lain bertambahnya kebutuhan manusia menyebabkan pertumbuhan industri juga meningkat yang diiringi dengan meningkatnya permasalahan tentang lingkungan. Salah satu industri yang cukup penting dalam memenuhi kebutuhan umat manusia adalah industri pengolahan kelapa sawit.

Industri pengolahan kelapa sawit tersebut menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Secara garis besar limbah dalam industri pengolahan kelapa sawit dapat dibagi dua yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah padat terdiri dari tiga jenis yaitu tandan kosong, cangkang dan serabut. Pada umumnya, pabrik pengolahan kelapa sawit menggunakan limbah padat serabut sebagai bahan bakar boiler pabrik itu sendiri, sehingga

yang menjadi masalah adalah cangkang sawit dan tandan kosong sawitnya.

Oleh sebab itu diperlukan solusi untuk mengatasi masalah-masalah yang berkaitan dengan defisit pasokan tenaga listrik serta pengolahan limbah PKS tersebut sehingga kebutuhan umat manusia terpenuhi tetapi tetap tidak mencemari lingkungan. Dalam tulisan ini penulis menawarkan cara untuk mengatasi kedua masalah tersebut sekaligus dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit (PLTBGS).

2. Studi Pustaka

Industri pengolahan kelapa sawit adalah industri yang sangat dibutuhkan di Indonesia. Dikarenakan semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan hasil olahan kelapa sawit seperti minyak makan, margarin, sabun dan kosmetika maka minat para pengusaha untuk berinvestasi di industri pengolahan kelapa sawit semakin tinggi. Hal tersebut memicu banyaknya pembangunan pabrik – pabrik kelapa sawit yang baru di Indonesia.

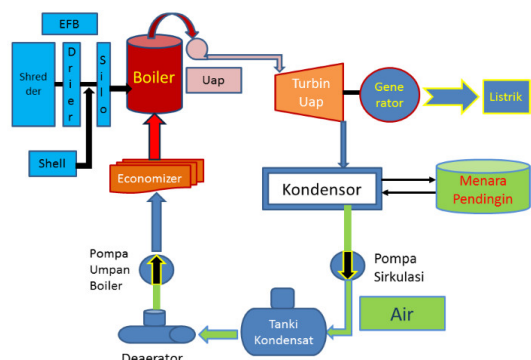
Pabrik – pabrik kelapa sawit tersebut selain menghasilkan minyak sawit sebagai produksi utamanya, juga menghasilkan limbah. Potensi limbah suatu pabrik kelapa sawit (PKS) adalah seperti Tabel 1 [1].

Tabel 1 Jenis dan potensi limbah pabrik kelapa sawit

Jenis	Potensi Per Ton Tandan Buah Segar (TBS) (%)
Tandan Kosong	23
Cangkang	6,5
Serabut	13
Limbah Cair	50

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit

PLTBS merupakan sebuah PLTU, akan tetapi bahan bakarnya bukan gas, solar, ataupun batu bara melainkan limbah padat sawit. Adapun skema cara kerja sebuah PLTBS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Cara Kerja PLTBS

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut [2]:

1. Air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
2. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
3. Generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan.

Uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang [2].

Bahan bakar boiler pada PLTU ini adalah limbah padat sawit yaitu tandan kosong sawit dan cangkang. Tandan kosong sawit diperoleh dari tandan buah segar yang sudah mengalami proses perebusan dan kemudian buah sawitnya dirontokkan dari tandan di sebuah alat bernama *resher* [1]. Sedangkan cangkang diperoleh dari sisa pengolahan berondolan buah sawitnya [1].

Setelah keluar dari *resher*, tandan kosong sawit kemudian dipotong – potong oleh sebuah alat bernama *shredder*. Tandan kosong sawit yang sudah dipotong – potong ini masih memiliki kadar kelembaban yang tinggi, oleh sebab itu tandan kosong sawit ini harus dikeringkan dahulu di *dryer* sebelum ditampung di *silo* untuk kemudian diumpankan ke ruang bakar boiler dan digunakan sebagai bahan bakar [3].

Sementara cangkang tidak mengalami proses pemotongan dan pengeringan lagi, sehingga begitu didapatkan dari hasil pengolahan berondolan buah sawit cangkang langsung diumpankan bersama – sama dengan tandan kosong sawit ke ruang bakar boiler.

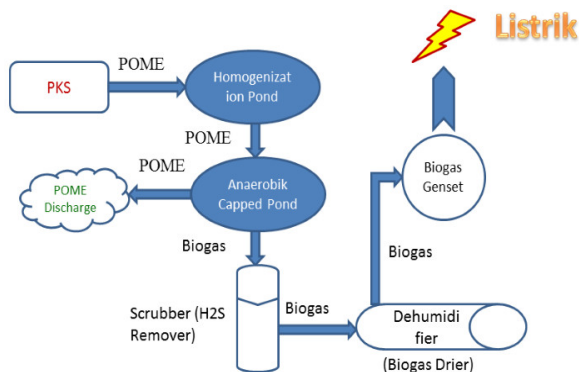
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Sawit

PLTBGS menggunakan gas metan sebagai bahan bakarnya. Gas metan tersebut didapat dari pengolahan limbah cair atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Limbah cair kelapa sawit sisa hasil pengolahan dari PKS ditampung di *homogenization pond*. Kolam ini dilengkapi dengan *filter* mekanis yang berfungsi untuk mengurangi jumlah limbah padat (serat, sampah, dll) dan juga dengan *agitator* untuk proses homogenisasi atau menyetarakan kualitas POME sebelum masuk ke dalam reaktor. Kolam ini juga berfungsi untuk mengurangi suhu POME tersebut menjadi di bawah 50°C. Sebelum dialirkan menuju *anaerobic capped pond* (kolam reaktor dengan membran *high-density polyethylene* yang dilengkapi fasilitas untuk mencampur, menangkap dan menekan biogas), POME harus dimonitor dan dikontrol di *POME feeder and sludge handling station* untuk memastikan

kualitas POME sebelum *feeding* sehingga mengoptimalkan produksi biogas dari reaktor. Biogas yang terdapat dalam kolam reaktor akan dimonitor dan dikontrol oleh *mixing and flare station*, sehingga bila terdapat biogas yang berlebih akan dibawa ke *flare* untuk dibakar [4].

Sebelum POME keluar dari kolam reaktor, POME kembali akan dimonitor dan dikontrol pengolahannya sampai pelepasan menuju tujuan berikutnya di *treated POME discharge station*. Biogas yang dihasilkan dari kolam reaktor anaerobik, dialirkan menuju biogas *conveying station* untuk diawasi pendistribusiannya ke fasilitas berikutnya yaitu *scrubber*. *Scrubber* merupakan alat yang memiliki kapasitas untuk mengurangi kandungan Hidrogen Sulfida (H₂S) pada biogas untuk maksimum 200 ppm dengan masukan maksimum 3.000 ppm H₂S saat suhu 0° celcius pada tekanan 1 bar. Proses ini merupakan proses secara biologis dan tidak dibutuhkan zat kimia adiktif [4].

Kemudian biogas akan dikeringkan di *dehumidifier*. Proses pengeringan ini dilakukan dengan kombinasi penukaran gas/air dan penghematan energi, ditambah sistem *separator* dan kondensator. Setelah dikeringkan, biogas akan dikontrol dan diawasi pendistribusiannya di biogas genset *feeder station*. Biogas genset *feeder station* merupakan tempat yang disiapkan untuk mendapatkan atau memonitor data dan mengontrol pendistribusian biogas menuju generator set biogas [4]. Skema kerja PLTBGS ditunjukkan melalui Gambar 2.



Gambar 2 Skema Cara Kerja PLTBGS

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data PKS milik PT Perkebunan Nusantara II (Persero), PT Perkebunan Nusantara III (Persero) dan PT Perkebunan Nusantara IV (Persero) yang berlokasi di

Provinsi Sumatera Utara berupa jumlah unit dan kapasitas produksi PKS. Melalui data kapasitas produksi PKS dapat dihitung ketersediaan limbah padat dan limbah cair PKS dan kemudian dapat dihitung energi dan daya listrik yang mampu dihasilkan.

Sementara biaya pembangkitan energi listrik/kWh dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$TC = CC + FC + OM \quad (1)$$

Keterangan:

- TC = Biaya total
- CC = Biaya modal
- FC = Biaya bahan bakar
- OM = Biaya operasional dan perawatan

3.1. Biaya Modal

Biaya investasi pembangkit listrik yang dipengaruhi oleh tingkat suku bunga dan umur ekonomis pembangkit listrik itu sendiri disebut biaya modal (*capital cost*) [5].

Besar biaya modal dapat dihitung melalui Persamaan 2.

$$CC = \frac{\text{biaya pembangunan} \times \text{kapasitas pembangkit} \times CRF}{\text{besar energi listrik yang dibangkitkan}} \quad (2)$$

Capital Recovery Factor (CRF) dapat dihitung melalui Persamaan 3.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

Keterangan:

- CC = *Capital Cost*
- CRF = *Capital Recovery Factor* (desimal)
- I = Suku bunga (%)
- N = Umur pembangkit (tahun)

3.2. Biaya Operasi dan Perawatan

Biaya operasional dan perawatan adalah semua biaya yang digunakan selama pembangkit beroperasi. Biaya operasional dan perawatan meliputi biaya tetap (*fixed cost*) yaitu biaya yang tidak berhubungan terhadap besar tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga. Biaya tidak tetap (*variable cost*) adalah biaya yang berkaitan dengan pengeluaran untuk alat-alat dan perawatan yang dipakai dalam periode pendek dan tergantung pada besar tenaga listrik yang dihasilkan [5].

3.3. Biaya Bahan Bakar

Bahan bakar PLTBGS yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini adalah limbah padat PKS itu sendiri yang berupa tandan

kosong dan cangkang sawit, sementara bahan bakar PLTBGS adalah biogas yang diperoleh dari limbah cairnya. Oleh sebab itu biaya bahan bakar pada kedua pembangkit ini ditiadakan. Akan tetapi biaya bahan bakar dimasukkan ke dalam biaya operasional, yaitu biaya pengeringan dan pemotongan tandan kosong sawit pada PLTBS dan biaya pengolahan biogas dari limbah cair pada PLTBGS.

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam perhitungan penelitian ini dianggap PKS memiliki kapasitas kerja 60 ton tbs/jam dan bekerja selama 20 jam dalam sehari serta 6 hari dalam seminggu.

Total unit PKS milik PT Perkebunan Nusantara II (Persero), PT Perkebunan Nusantara III (Persero), dan PT Perkebunan Nusantara IV (Persero) yang berada di Provinsi Sumatera Utara adalah 33 unit dengan total kapasitas terpasang 1.375 ton TBS/jam.

4.1. Perhitungan PLTBS

4.1.1. Manajemen Bahan Bakar PLTBS

Jumlah ketersediaan dan pemakaian bahan bakar PLTBS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Ketersediaan dan Pemakaian Bahan Bakar PLTBS

Uraian	Jumlah Limbah	
	Tandan Kosong	Cangkang
Ketersediaan/jam	13,8 ton	3,9 ton
Ketersediaan/hari	276 ton	78 ton
Ketersediaan/minggu	1.656 ton	468 ton
Pemakaian/jam	9,85 ton	2,78 ton

Dalam pengolahan tandan kosong sawit sebagai bahan bakar PLTBSterdapat beberapa kendala, oleh sebab itu perlu dilakukan *treatment* pada tandan kosong sawit yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kalor dengan cara melakukan proses pengeringan sehingga diperoleh kadar kelembaban tandan kosong sawit sebesar 40% [5].

Nilai kalor tandan kosong sawit dengan kadar kelembaban 40% adalah sebesar 2.756,51 kkal/kg. Proses pengeringan ini menyebabkan berkurangnya berat tandan kosong sawit sebesar 16,66%. Sehingga ketersediaan tandan kosong sawit yang dapat dibakar setiap jam agar PLTBS dapat beroperasi secara berkesinambungan selama tujuh hari dalam

seminggu berkurang beratnya dari 9,85 ton/jam menjadi 8,21 ton/jam.

Sedangkan nilai kalor cangkang adalah sebesar 4.105 kkal/kg [5]. Berbeda dengan tandan kosong sawit, cangkang tidak perlu mengalami proses pengeringan terlebih dahulu sehingga tidak terjadi pengurangan berat.

Setelah proses pengurangan kadar kelembaban tandan kosong sawit maka diperoleh rasio bahan bakar yang digunakan pada PLTBS, yaitu 8,21 ton tandan kosong sawit dan 2,78 ton cangkang sawit, atau 74,70 : 25,29. Sehingga besar kandungan energi di sisi bahan bakar adalah 34.042.847,1 kkal \approx 39,59 MWh.

4.1.2. Output Daya PLTBS

Efisiensi pembangkit diasumsikan sebesar 9,13%, maka energi yang mampu dihasilkan oleh PLTBS setiap jam adalah sebesar 3,61 MWh dan daya yang mampu dihasilkan adalah sebesar 3,61 MW.

4.1.3. Perhitungan Biaya Listrik/KWh

Adapun data yang diperlukan dalam perhitungan biaya listrik/kWh PLTBS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data yang diperlukan dalam perhitungan biaya listrik/kWh PLTBS

Uraian	Jumlah	Satuan
Daya	3,61	MW
Jam Operasi PLTBS	8.000	Jam/tahun
Produksi Listrik	28.880	MWh/tahun
Umur	25	Tahun
Biaya Investasi	7.291.817,00	USD

Catatan, dalam perhitungan penelitian ini \$1 setara dengan Rp 12.600,00.

a. Biaya Modal

Untuk suku bunga (i) 12%, CRF = 0,127 dan untuk suku bunga (i) 12%, CC = Rp 403,2/kWh.

b. Biaya Bahan Bakar

Karena bahan bakar yang digunakan adalah limbah dari PKS itu sendiri, maka biaya untuk pembelian dan pengiriman bahan bakar ditiadakan.

c. Biaya Operasi dan Perawatan

Biaya operasi dan perawatan per tahun diasumsikan sebesar 10% dari biaya investasi, yaitu sebesar \$ 729.181,70/tahun atau setara dengan Rp 311,44/kWh.

d. Biaya Pembangkitan Total
 Adapun biaya pembangkitan total dari PLTBGS adalah sebesar Rp 714,64/kWh.

4.2. Perhitungan PLTBGS

4.2.1. Manajemen Bahan Bakar PLTBGS

Jumlah ketersediaan dan pemakaian bahan bakar PLTBGS dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Ketersediaan dan Pemakaian Bahan Bakar PLTBGS

Uraian	Volume Limbah	
	POME	Biogas
Ketersediaan/jam	30 ton	840 m ³
Ketersediaan/hari	600 ton	16.800 m ³
Ketersediaan/minggu	3.600 ton	100.800 m ³

Dari Tabel 4 dapat dihitung volume biogas yang dapat dibakar setiap jam agar PLTBGS dapat beroperasi secara berkesinambungan selama tujuh hari dalam seminggu yaitu sebesar 600 m³/jam.

Sebagai catatan, satu siklus untuk menghasilkan biogas membutuhkan waktu sepuluh hari. Perhitungan volume biogas diatas merupakan perhitungan ketersediaan bahan bakar, bukan perhitungan siklus.

4.2.2. Output Daya PLTBGS

Adapun nilai kalor biogas adalah sebesar 5.300 kkal/m³ [1], sehingga nilai kalor di sisi bahan bakar adalah sebesar 3.180.000 kkal ≈ 3,69 MWh.

Efisiensi pembangkit adalah 39,4% [4]. Maka, energi yang mampu dihasilkan oleh PLTBGS dalam satu jam adalah sebesar 1,45 MWh. Dan daya yang mampu dihasilkan adalah sebesar 1,45 MW.

4.2.3. Perhitungan Biaya Listrik/KWh

Adapun data yang diperlukan dalam perhitungan biaya listrik/kWh PLTBGS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Data yang diperlukan dalam perhitungan biaya listrik/kWh PLTBGS

Uraian	Jumlah	Satuan
Daya	1,45	MW
Jam Operasi PLTBGS	8.000	Jam/tahun
Produksi Listrik	11.600	MWh/tahun
Umur	25	Tahun
Biaya Investasi	4.510.271,00	USD

a. Biaya Modal

Untuk suku bunga (i) 12%, CRF = 0,127 dan untuk suku bunga (i) 12%, CC = Rp 617,4/kWh.

b. Biaya Bahan Bakar

Sama dengan penjelasan pada bagian PLTBGS, karena bahan bakar yang digunakan adalah limbah dari PKS itu sendiri, maka biaya untuk pembelian dan pengiriman bahan bakar ditiadakan.

c. Biaya Operasi dan Perawatan

Biaya operasi dan perawatan per tahun diasumsikan sebesar 10% dari biaya investasi, yaitu sebesar \$ 451.027,10/tahun atau setara dengan Rp 488,64/kWh.

d. Biaya Pembangkitan Total

Adapun biaya pembangkitan total dari PLTBGS adalah sebesar Rp 1.106,04/kWh.

4.3. Energi Baru Terbarukan Untuk Mengatasi Defisit Pasokan Tenaga Listrik di Sumatera Utara

Pabrik kelapa sawit memiliki dua jenis limbah, yaitu limbah cair dan limbah padat. Kedua jenis limbah ini dapat diubah menjadi energi listrik. Dari perhitungan output daya PLTBGS dan PLTBGS didapatkan bahwa limbah padat PKS dapat menghasilkan daya listrik sebesar 3,61 MW dan limbah cair PKS dapat menghasilkan daya listrik sebesar 1,45 MW.

Total daya yang dapat dihasilkan dari PKS berkapasitas 60 ton tbs/jam adalah sebesar 5,06 MW.

Total kapasitas dari seluruh unit PKS milik PT Perkebunan Nusantara II (Persero), PT Perkebunan Nusantara III (Persero) dan PT Perkebunan Nusantara IV (Persero) yang berada di Provinsi Sumatera Utara adalah 1.375 ton tbs/jam, sehingga total daya yang diperoleh melalui sumber energi baru terbarukan dari limbah PKS untuk mengatasi defisit pasokan tenaga listrik di daerah Sumatera Utara adalah sebesar 115,95 MW.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Besar daya listrik yang dapat dihasilkan dari limbah padat PKS, berupa tandan kosong sawit dan cangkang sawit, dengan

- kapasitas olah 60 ton tbs/jam adalah 3,61 MW.
2. Biaya pembangkitan listrik oleh PLTBS adalah sebesar Rp 714,64/kWh.
 3. Besar daya listrik yang dapat dihasilkan dari biogas limbah cair PKS dengan kapasitas olah 60 ton tbs/jam adalah 1,45 MW.
 4. Biaya pembangkitan listrik oleh PLTBGS adalah sebesar Rp 1.106,04/KWh.
 5. Apabila seluruh unit PKS milik PT Perkebunan Nusantara II (Persero), PT Perkebunan Nusantara III (Persero) dan PT Perkebunan Nusantara IV (Persero) yang berlokasi di Provinsi Sumatera Utara, yang berjumlah 33 unit PKS dengan total kapasitas produksi 1.375 ton tbs/jam, membangun PLTBS dan PLTBGS maka akan diperoleh daya listrik sebesar 115,95 MW untuk membantu mengatasi defisit pasokan tenaga listrik di daerah Sumatera Utara.

6. Daftar Pustaka

- [1] Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian Ditjen PPHP, "Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit," *Departemen Pertanian*, 2006.
- [2] Rakhman.net/2013/04/fungsi-dan-prinsip-kerja-pltu.html diakses pada 15 Juni 2014.
- [3] Sitorus, Yusak Victory, "Pengaruh Moisture Content EFB Terhadap Kurva Input Output PLTBS," Skripsi, Universitas Sumatera Utara, 2013.
- [4] Butar-Butar, David Partogi, "Analisis Biaya Produksi Listrik Per Kwh Menggunakan Bahan Bakar Biogas Limbah Cair Kelapa Sawit (Aplikasi pada PLTBGSPKST andun)," Skripsi, Universitas Sumatera Utara, 2013.
- [5] Sinaga, Ishak, "Energi Terbarukan Sisa Keluaran Limbah Padat Pengolahan Kelapa Sawit (Studi Kasus Perencanaan Pembangunan PLTBS PKS Blangkahan)," Skripsi, Universitas Sumatera Utara, 2011.