

Potensi Energi Listrik dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di Kabupaten Kampar

Purnama Irwan¹, Adi Febrianton²

¹ Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kampar

² Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kampar
Jln. Tengku Muhammad KM 2 Bangkinang INDONESIA

¹ irwan@poltek-kampar.ac.id

² adifebrianton@poltek-kampar.ac.id

Intisari - Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) sebagai energi terbarukan di daerah Kabupaten Kampar. Fokus penelitian ini dimulai dari pengumpulan data dari berbagai sumber tentang limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik kelapa sawit di Kabupaten Kampar. Kemudian akan dilakukan analisa terhadap potensi biogas dan energi listrik yang dapat dihasilkan dari limbah cair tersebut. Adapun data yang dibutuhkan diantaranya jumlah pabrik kelapa sawit (PKS) yang beroperasi di Kabupaten Kampar, kapasitas pengolahan tandan buah segar (TBS) dari masing-masing PKS, serta limbah cair yang dihasilkan PKS-PKS tersebut. Metode pengumpulan data tersebut dilakukan dengan melakukan survei ke lokasi PKS dan pencarian informasi di website. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam merancang pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBg) di Kabupaten Kampar. Dengan adanya PLTBg ini diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menyediakan energi listrik bagi masyarakat, terutama masyarakat yang berada jauh dari akses listrik PLN. Selain itu penelitian ini juga dapat membantu PKS-PKS dalam mengolah limbah cair mereka menjadi lebih bermanfaat serta ramah lingkungan.

Kata kunci— Energi listrik, limbah cair pabrik kelapa sawit, POME, biogas.

Abstract - This research was conducted to find out how much potential electrical energy can be generated from palm oil mill effluent (POME) as renewable energy in Kabupaten Kampar area. The focus of this research started with collecting data from various sources about the liquid waste produced by palm oil factories in Kabupaten Kampar. Then an analysis will be carried out on the potential of biogas and electricity that can be produced from the liquid waste. The data needed includes the number of palm oil mills (PKS) operating in Kabupaten Kampar, the processing capacity of fresh fruit bunches (FFB) from each PKS, as well as the liquid waste produced by the PKS. The data collection method is carried out by conducting surveys to PKS locations and searching for information on the website. The results of this study are expected to be a reference in designing a biogas power plant (PLTBg) in Politeknik Kampar. With this PLTBg, it is hoped that it can help the government in providing electricity for the community, especially people who are far from access to PLN electricity. In addition, this research can also assist PKS-PKS in processing their liquid waste to become more beneficial and environmentally friendly.

Keywords - electrical energy, palm oil mill effluent, POME, biogas.

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Kampar merupakan salah satu kabupaten yang mempunyai lahan perkebunan kelapa sawit terbesar di propinsi Riau dengan luas lahan perkebunan sawit lebih kurang 387.263 Ha. Table I menampilkan luas area perkebunan kelapa sawit di provinsi Riau.

Di samping itu, di Kabupaten Kampar terdapat 31 pabrik kelapa sawit (PKS) yang dikelola oleh pemerintah (BUMN) dan swasta. Dengan jumlah PKS yang begitu banyak dan tersebar di Kabupaten Kampar tentunya akan meningkatkan perekonomian daerah maupun Negara. Namun di sisi lain banyaknya jumlah PKS tersebut juga akan menimbulkan

masalah yang baru, terutama masalah lingkungan. Setiap PKS akan menghasilkan limbah yang tentunya tidak dapat dibuang begitu saja ke lingkungan sekitar. Limbah tersebut berupa limbah padat dan limbah cair. Untuk limbah padat PKS telah mengolahnya sebagai bahan bakar pembangkit listrik biomassa. Sementara untuk limbah cair atau *palm oil mill effluent* (POME), kebanyakan PKS belum mengolah jenis limbah ini. Limbah cair pabrik kelapa sawit tersebut ditampung di kolam-kolam pembuangan dalam waktu yang cukup lama hingga dapat di buang ke lingkungan. Selain itu limbah-limbah cair tersebut dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca.

TABEL I
LUAS AREA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI RIAU

No	Kabupaten/Kota	Luas (Ha)
1	Kuantan Singingi	128.538
2	Indragiri Hulu	118.97
3	Indragiri Hilir	228.052
4	Pelalawan	306.145
5	Siak	287.782
6	Kampar	387.263
7	Rokan Hulu	423.545
8	Bengkalis	198.642
9	Rokan Hilir	273.145
10	Kepulauan Meranti	-
11	Pekanbaru	10.745
12	Dumai	36.345
Jumlah/Total		2.399.172

Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Riau tahun 2013

Pada dasarnya, limbah cair pabrik kelapa sawit yang semula tidak berguna dapat diolah menjadi sesuatu yang lebih berguna. Limbah cair pabrik kelapa sawit tersebut dapat diproses lebih lanjut sehingga menghasilkan biogas yang bisa digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga biogas. Listrik yang dihasilkan dari limbah cair pabrik kelapa sawit ini diharapkan dapat membatu kekurangan energi listrik di Kabupaten Kampar.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Hasil utama yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menganalisa jumlah energi listrik yang bisa dihasilkan dari limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) yang ada di Kabupaten Kampar. Untuk itu perlu dilakukan tahapan-tahapan penelitian yang meliputi teknik pengumpulan dan analisa data yang didapat. Sementara itu, untuk lokasi penelitian berada di Kabupaten Kampar.

2.1 Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh dari berbagai sumber yang terkait dengan penelitian seperti: Dinas Perkebunan Kabupaten Kampar, Dinas Perindustrian Kabupaten Kampar, Badan Pusat Statistik Kabupaten Kampar, PLN, dan pabrik-pabrik kelapa sawit yang ada di Kabupaten Kampar. Teknik pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara: *survey* ke lokasi dan pencarian di *website*.

Pengumpulan data yang valid dibutuhkan supaya hasil analisa data nantinya mempunyai penyimpangan atau *error* yang kecil. Adapun data-data utama yang dibutuhkan diantaranya:

- Jumlah pabrik kelapa sawit dan kapasitas pengolahan tandan buah segar (TBS) dari masing-masing pabrik tersebut.
- Produksi POME perhari dari masing-masing pabrik kelapa sawit.
- Kebutuhan listrik ideal untuk Kabupaten Kampar.
- Dan lain sebagainya.

2.2 Analisis Data

Setelah data yang dibutuhkan diperoleh, maka dilakukan analisa dengan mengolah data tersebut. Analisa yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan teori-teori yang ada dan berhubungan dengan penelitian ini.

Perhitungan potensi energi listrik dari limbah cair pabrik kelapa sawit ini dapat dilakukan dengan menggunakan nilai dari beberapa parameter penting. Tabel II menguraikan parameter *input* yang harus diidentifikasi sebelum melakukan analisa lebih lanjut.

TABEL II
PARAMETER ENERGI LISTRIK TERBARUKAN DARI POME

Parameter	Unit	Keterangan
Jam operasi	jam/hari	Rata-rata jumlah jam operasi pabrik dalam sehari Rata-rata
Hari operasi	hari/tahun	Rata-rata jumlah jam operasi pabrik dalam sehari Rata-rata jumlah hari pabrik beroperasi dalam setahun
TBS Tahunan	ton TBS/tahun	Jumlah TBS yang diproses dalam setahun
Rasio POME terhadap TBS	m ³ /ton TBS	Rasio volume POME yang dihasilkan per TBS yang diolah. POME:TBS = (m ³ POME) / (ton TBS)
COD	mg/l	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) limbah cair yang dianalisis dengan spektrofotometer

Perhitungan parameter pada Tabel II didasarkan pada beberapa asumsi parameter operasi. Tabel III berikut merinci asumsi tersebut.

TABEL III
ASUMSI DALAM MENGHITUNG POTENSI ENERGI LISTRIK

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Rasio konversi CH ₄ terhadap COD	CH ₄ /COD	0,35	Nm ³ CH ₄ /kg COD <i>removed</i>	Volume metana yang dihasilkan per kg COD yang dihilangkan dari air limbah secara teoritis
Efisiensi COD <i>removal</i>	COD _{eff}	80-95	%	Persentase COD yang akan diubah menjadi metana
Nilai energi metana	CH _{4,ev}	35,7	MJ/m ³	Kandungan energi metana
Rata-rata efisiensi kelistrikan	Gen _{eff}	38-42	%	Efisiensi generator biogas dalam

mengkonversi
nilai energi
metana menjadi
energi listrik

Analisa perhitungan untuk menentukan potensi energi listrik yang dihasilkan dari POME adalah dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

1. Bahan baku harian (ton TBS/hari)

$$= \frac{TBS \text{ Olah Tahunan}}{\text{Hari operasi dalam setahun}} \quad (1)$$

2. Aliran limbah cair harian (m³/hari)

$$= \text{Volume bahan baku harian} \times \text{Rasio POME terhadap TBS} \quad (2)$$

3. COD loading (kg COD/hari)

$$= \text{COD} \times \text{Aliran limbah cair harian} \times \frac{kg}{1.000.000mg} \times \frac{1000 L}{m^3} \quad (3)$$

4. Produksi CH₄ (Nm³ CH₄/hari)

$$= \text{COD loading} \times \text{COD}_{\text{eff}} \times \text{CH}_4/\text{COD} \quad (4)$$

5. Kapasitas pembangkitan listrik (MW)

$$= \frac{\text{Produksi CH}_4 \times \text{CH}_{4,\text{eff}} \times \text{Gen}_{\text{eff}}}{24 \times 60 \times 60} \quad (5)$$

Hasil perhitungan kapasitas pembangkitan daya listrik berkaitan dengan potensi daya yang akan dihasilkan oleh generator biogas. Daya listrik yang dihasilkan generator akan berkurang dari jumlah yang dihitung karena ada potensi penghentian operasi untuk pemeliharaan dan gangguan mesin, maka dalam perhitungan digunakan faktor ketersediaan (*availability factor*). *Availability factor* umumnya berkisar antara 90 % hingga 98% dikalikan dengan potensi jumlah listrik yang dihasilkan dari generator biogas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian hendaknya dituliskan secara jelas dan padat. Hendaknya menguraikan hasil penelitian, bukan mengulanginya atau membahas penelitian yang telah dilakukan peneliti lain. Hindari penggunaan sitasi dan diskusi yang berlebihan tentang literatur yang telah dipublikasikan. Uraikan hasil percobaan, pengukuran dan observasi termasuk pembahasan tentang permasalahan yang timbul dari hasil penelitian.

Pada bagian ini dilakukan analisa perhitungan dengan menggunakan pendekatan-pendekatan persamaan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Analisa perhitungan dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu:

- Perhitungan bahan baku harian pabrik kelapa sawit
- Perhitungan aliran limbah cair harian
- Perhitungan COD loading
- Perhitungan produksi biogas (CH₄)
- Perhitungan kapasitas pembangkitan listrik

3.1 Perhitungan Bahan Baku Harian PKS

Bahan baku pabrik kelapa sawit adalah buah kelapa sawit yang sudah masak/matang. Ciri buah kelapa sawit yang sudah masak/matang adalah berwarna orange kehitaman. Biasanya buah kelapa sawit dipanen dalam kumpulan kelompok/tandan. Satu kelompok/tandan ini disebut dengan satu tandan buah segar disingkat dengan TBS.

Pada tahun 2015 luas areal perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Kampar termasuk salah satu yang terluas di Provinsi Riau dengan luas 222.142 Ha dan dapat memproduksi sawit sebanyak 2.619.061 Ton. Lahan-lahan perkebunan sawit ini dikelola oleh BUMN, perusahaan swasta, dan masyarakat. Sedangkan untuk pabrik kelapa sawit yang tercatat di Badan Pusat Statistik Kabupaten Kampar pada tahun 2016 adalah berjumlah 31 pabrik kelapa sawit dengan total kapasitas produksi adalah 1290 Ton TBS/jam (Badan Pusat Statistik & Kampar, 2016).

Rata-rata pabrik kelapa sawit (PKS) tersebut beroperasi selama 300 hari/tahun dengan jam operasi 5000 jam/tahun. Sehingga jumlah kelapa sawit (Tandan Buah Segar/TBS) yang diolah menjadi minyak sawit (CPO) di Kabupaten Kampar setiap harinya dapat dihitung dengan persamaan 1.

Bahan Baku Harian (ton TBS/hari)

$$= \frac{TBS \text{ Olah Tahunan}}{\text{Hari operasi dalam setahun}}$$

Bahan Baku Harian

$$= \frac{1290 \text{ ton} \frac{TBS}{jam} \times 5000 \text{ jam}}{300 \text{ hari}}$$

$$= 21.500 \text{ ton TBS/hari}$$

Ini merupakan banyaknya TBS yang diolah oleh seluruh pabrik kelapa sawit di Kabupaten Kampar menjadi CPO. Data ini kemudian akan kita sebut sebagai bahan baku harian untuk menghasilkan energi listrik dari limbah cair pabrik kelapa sawit.

3.2 Perhitungan Aliran Limbah Cair Harian

Setelah mengetahui jumlah TBS yang diolah oleh PKS-PKS yang ada di Kabupaten Kampar, maka selanjutnya dapat ditentukan aliran limbah cair (POME) setiap hari yang diproduksi oleh PKS-PKS tersebut. Dalam menentukan aliran

limbah cair harian ini diperluan parameter rasio POME terhadap TBS. Rasio POME terhadap TBS adalah perbandingan volume POME yang dihasilkan untuk setiap TBS yang diolah. Pada umumnya rasio POME terhadap TBS ini mempunyai rentang nilai antara 0,7 – 1 m³/ton. Nilai ini bergantung pada kondisi PKS-PKS tersebut. Dalam penelitian ini penulis akan menghitung nilai rasio POME dari 0,7 – 1 m³/ton. Ini dilakukan sebagai perbandingan untuk melakukan analisa-analisa selanjutnya.

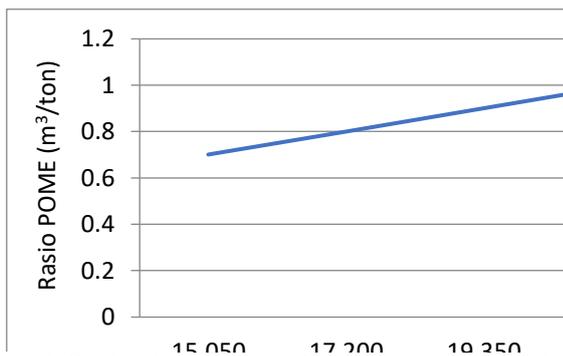
$$\text{Aliran limbah cair harian (m}^3\text{/hari)} = \text{Volume bahan baku harian} \times \text{Rasio POME terhadap TBS}$$

Rasio POME 0,7 m³/ton :
Aliran Limbah Cair Harian = 15.050 m³/hari

Rasio POME 0,8 m³/ton :
Aliran Limbah Cair Harian = 17.200 m³/hari

Rasio POME 0,9 m³/ton :
Aliran Limbah Cair Harian = 19.350 m³/hari

Rasio POME 1 m³/ton :
Aliran Limbah Cair Harian = 21.500 m³/hari



Gambar 1. Grafik perbandingan rasio POME terhadap aliran limbah cair

3.2 Perhitungan COD Loading

Untuk menentukan nilai dari COD loading, maka perlu diketahui nilai dari parameter CODnya. COD (Chemical Oxygen Demand) merupakan ukuran total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi semua zat organik yang bersifat biologis maupun yang tidak bereaksi menjadi karbon dioksida dan air. Nilai dari COD dapat dianalisis dengan menggunakan alat ukur spektrofotometer. Dalam penelitian ini nilai COD diasumsikan 62.000 mg/l yang diukur setelah kolam pendinginan. Sehingga nilai dari COD loading adalah :

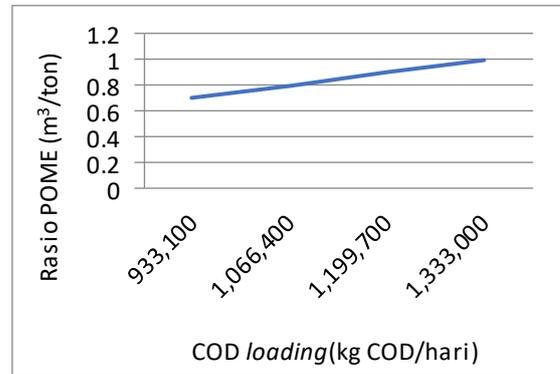
$$\text{COD loading (kg COD/hari)} = \text{COD} \times \text{Aliran limbah cair harian} \times \frac{\text{kg}}{1.000.000\text{mg}} \times \frac{1000\text{ l}}{\text{m}^3}$$

Rasio POME 0,7 m³/ton :
COD loading = 933.100 kg COD/hari

Rasio POME 0,8 m³/ton :
COD loading = 1.066.400 kg COD/hari

Rasio POME 0,9 m³/ton :
COD loading = 1.199.700 kg COD/hari

Rasio POME 1 m³/ton :
COD loading = 1.333.000 kg COD/hari



Gambar 2. Grafik perbandingan rasio POME terhadap COD loading

3.3 Perhitungan Produksi Biogas

CH₄ atau metana merupakan kandungan zat utama yang ada pada biogas. Komposisi CH₄ (metana) pada biogas berkisar antara 50 – 75 %. Pada umumnya persentase CH₄ yang didapat dari COD berkisar antara 80 – 95 %. Ini kita sebut dengan Efisiensi COD removal (COD_{eff}). Untuk penelitian ini kita mengasumsikan nilai COD_{eff} adalah 90 %. Dan nilai dari CH₄/COD adalah 0,35 Nm³ CH₄/kg COD (Tabel 5). Sehingga produksi metananya adalah:

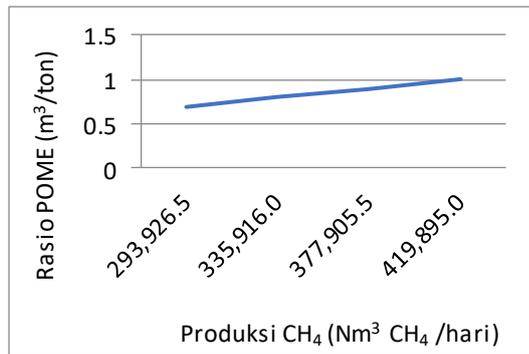
$$\text{Produksi CH}_4 \text{ (Nm}^3\text{ CH}_4\text{/hari)} = \text{COD loading} \times \text{COD}_{\text{eff}} \times \text{CH}_4/\text{COD}$$

Rasio POME 0,7 m³/ton :
Produksi CH₄ = 293.926,5 Nm³ CH₄ /hari

Rasio POME 0,8 m³/ton :
Produksi CH₄ = 335.916 Nm³ CH₄ /hari

Rasio POME 0,9 m³/ton :
Produksi CH₄ = 377.905,5 Nm³ CH₄ /hari

Rasio POME 1 m³/ton :
Produksi CH₄ = 419.895 Nm³ CH₄ /hari



Gambar 3. Grafik perbandingan rasio POME terhadap produksi CH₄

3.4 Perhitungan Kapasitas Pembangkitan Listrik

Kandungan energi metana dalam setiap m³ adalah 37,5 MJ/m³ sedangkan efisiensi generator biogas dalam mengkonversi energi metana tersebut menjadi energi listrik adalah berkisar antara 38% - 42% (Tabel 5). Dengan mengambil nilai minimal dari efisiensi generator biogas (Gen_{eff}) sebesar 38% dan nilai energi metana CH_{4,ev} adalah 37,5 MJ/m³, maka kapasitas pembangkitan listrik dari POME di Kabupaten Kampar dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

Kapasitas pembangkitan listrik (MW) =

$$\frac{\text{Produksi CH}_4 \times \text{CH}_{4,ev} \times \text{Gen}_{eff}}{24 \times 60 \times 60}$$

Rasio POME 0,7 m³/ton :

Kapasitas pembangkitan listrik = 48,5 MW

Rasio POME 0,8 m³/ton :

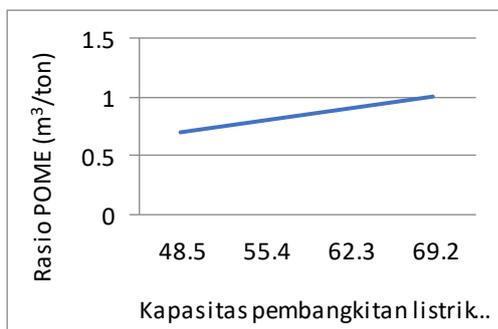
Kapasitas pembangkitan listrik = 55,4 MW

Rasio POME 0,9 m³/ton :

Kapasitas pembangkitan listrik = 62,3 MW

Rasio POME 1 m³/ton :

Kapasitas pembangkitan listrik = 69,2 MW



Gambar 4. Grafik perbandingan rasio POME terhadap kapasitas pembangkit listrik

Dengan sekitar 31 PKS dan total kapasitas produksi 1290 Ton TBS/jam, maka dapat menghasilkan sekitar 15.050 sampai 21.500 m³/hari limbah cair harian (POME). Limbah-limbah cair yang semula kurang dimanfaatkan ini dapat menghasilkan biogas sekitar 293.926,5 sampai 419.895 Nm³ CH₄/hari, dan apabila diolah lagi menjadi energi listrik maka akan menghasilkan energi listrik sebesar 48,5 sampai 69,2 MW untuk Kabupaten Kampar dan sekitarnya.

Tabel 6 berikut merupakan rekapitulasi hasil analisa potensi energi listrik dari limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) yang ada di Kabupaten Kampar.

TABEL IV
HASIL ANALISA POTENSI ENERGI LISTRIKDARI POME

No	Rasio POME terhadap TBS (m ³ /ton)	Aliran limbah cair (m ³ /hari)	COD loading (kg/hari)	Produksi biogas (Nm ³ /hari)	Kapasitas pembangkitan listrik (MW)
1	0,7	115.050	933.100	293.926,5	48,5
2	0,8	17.200	1.066.400	335.916	55,4
3	0,9	19.350	1.199.700	377.905,5	62,3
4	1	21.500	1.333.000	419.895	69,2

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian bahwa limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) dapat menghasilkan energi listrik yang dapat membantu kekurangan energi listrik khususnya di Kabupaten Kampar. Energi listrik ini merupakan energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan serta dapat mengurangi efek rumah kaca yang berakibat pada pemanasan global. Dari hasil analisa perhitungan yang kami lakukan, pembangunan PLTBg dari POME ini merupakan sesuatu yang dapat dengan mudah diaplikasikan langsung oleh masing-masing PKS. Selain untuk meringankan biaya operasional listrik dari PKS-PKS tersebut, energi yang tersisa dapat juga dijual ke masyarakat atau PLN.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Indonesia. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2016*.
- Badan Pusat Statistik Riau. *Provinsi Riau Dalam Angka 2018*.
- Badan Pusat Statistik, K., & Kampar. *Kabupaten Kampar Dalam Angka 2016*.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015 -2017 Kelapa Sawit*.

Irwan, P. Energi Listrik Terbarukan dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 1(1), 2011–2016.

Kabupaten Kampar, B. P. S. *Statistik Daerah Kabupaten Kampar 2016*. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>

Safrizal. *Small Renewable Energy Biogas Limbah Cair (POME) Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Tipe Covered Lagoon Solusi Alternatif Defisit Listrik Provinsi Riau*. *Jurnal DISPROTEK*, 6 No.1 (Januari 2015), 26–35.

Winrock International. (2015). *Konversi POME Menjadi Biogas*. Winrock International.