

Kajian Konversi Potensi Sampah Kota Pontianak Menjadi Energi Listrik Dengan Gasifikasi Plasma

Usmadiansyah

Program Studi Manajemen Energi, Magister Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak,
Staf Bagian Layanan Pengadaan Sekretariat Daerah Kota Pontianak
email : madi_cendana@yahoo.co.id

Abstract– *The economic and population growth are two things that are consistent with the development of a city. Along with the process, it will arise a new problems. Waste generation has increased every year cause of environmental pollution. One of renewable energy technology that can reduce environmental pollution uses waste as raw material is PLTSA with plasma gasification. In the process of plasma gasification, the waste run into the reactor gasifier will be completely destroyed and produce residues that have economic value and synthetic gas that can be used as fuel of electricity generation plant.*

In this journal has been analyzed the potential of waste Pontianak city that can be converted into electrical energy. The results obtained are for 1(one) ton of waste can produce 787,5371 kWh electrical energy. From the data obtained for 6 years with the amount of waste as much as 1,378,269.20 tons can generate electrical energy of 1,085,438.10 MWh and estimation sales revenue can be obtained for Rp. 1.622.729.961.326,79. With a 12% interest rate, the production cost of the plant is Rp. 1.417.16/kWh. PLTSA with plasma gasification is one of the most effective and environmentally friendly technologies as a solution in handling waste and electrical energy crisis.

Keywords- *Electical Energy, Plasma Gasification, Waste, Synthetic Gas*

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kekayaan alam yang memiliki nilai strategis bagi pembangunan nasional secara berkelanjutan. Indonesia kaya akan berbagai jenis energi baik yang berbasis fosil maupun nonfosil. Namun ketersediaan energi fosil seperti bahan bakar minyak (BBM), batu bara, gas bumi, memiliki keterbatasan cadangan dan lambat laun akan habis.

Pengembangan energi baru terbarukan (EBT) sebagai komplementer energi fosil mutlak untuk dilaksanakan. Saat ini pengembangan EBT mengacu kepada Perpres No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Untuk mendukung kebijakan ini perlu adanya kerjasama antara pemerintah dan seluruh penduduk Indonesia. Sumber energi bukan hanya BBM, batu bara atau gas bumi, melainkan juga, air, gelombang laut, angin, matahari, panas bumi, bahan bakar nabati

(BBN), nuklir, bahkan sampah pun merupakan sumber energi yang sangat berguna.

Kota Pontianak merupakan ibukota Provinsi Kalimantan Barat memiliki luas daerah sebesar 107,82 km² dengan jumlah penduduk saat ini sekitar 607.438 jiwa dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 7,34 persen per tahun, menghasilkan sampah sebesar 607.617 m³/tahun. Tempat pembuangan akhir (TPA) yang dimiliki Kota Pontianak berada di daerah Batu Layang yang memiliki luas sekitar 19,6 ha [1].

Penanganan masalah sampah di Kota Pontianak masih sangat sederhana. Bak-bak sampah otomatis yang dapat langsung diangkut oleh truk sampah ditempatkan disekitar pemukiman masyarakat yang merupakan tempat pembuangan sementara (TPS). Sampah menggunung hampir di semua lokasi TPS dan berceceran diluar bak sampah. Terkadang jumlah sampah yang tidak tertampung tersebut, jumlahnya lebih banyak dari jumlah sampah yang berada di bak sampah. Belum lagi perilaku masyarakat yang sering membuang sampah di sembarang tempat seperti di parit ataupun di sungai [1].

Sampah-sampah tersebut kemudian diangkut ke TPA Batu Layang yang memiliki sistem open dumping, di mana sampah hanya ditumpuk di lokasi TPA[1]. Sehingga nantinya lokasi yang digunakan akan semakin berkurang dan tentunya perlu penambahan lokasi TPA tersebut. Sistem open dumping ini sangat berpotensi terhadap pencemaran lingkungan di sekitarnya, seperti polusi udara oleh bau dan gas yang dihasilkan, polusi air akibat lindi (cairan sampah) yang timbul serta estetika lingkungan yang buruk karena pemandangan yang kotor. Perlu adanya solusi yang tepat untuk penanggulangan masalah sampah, yakni dengan memanfaatkan sampah sehingga mempunyai nilai ekonomis dengan mengubah sampah menjadi energi.

Salah satu teknologi terkini yang akan digunakan dalam pemanfaatan sampah menjadi energi listrik adalah gasifikasi plasma. Proses gasifikasi plasma dapat menghancurkan semua material yang berada di dalam reaktor plasma. Gasifikasi plasma menggunakan energi listrik dan tekanan yang tinggi untuk mengurai sampah menjadi gas sintetis (*synthesis gas*) dan zat padat *inert* yang disebut *slag*[2]. Gas sintetis digunakan sebagai sumber energi pada pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA) untuk menghasilkan energi listrik. Selain itu

slag bermanfaat secara komersil untuk digunakan sebagai bahan pembuat jalan dan material bangunan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Sampah

Menurut definisi *World Health Organization* (WHO) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Menurut Undang-Undang No. 18 tentang Pengelolaan Sampah dinyatakan bahwa definisi sampah adalah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau dari proses alam yang berbentuk padat [3].

Berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sebagai berikut [4]:

a. Sampah Organik

Sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa-sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet dan plastik), sayuran, sisa kulit buah, daun dan ranting.

b. Sampah Anorganik

Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sampah anorganik dibedakan menjadi sampah logam dan produk-produk olahannya, sampah plastik, sampah kertas, sampah kaca, sampah keramik dan, sampah detergen.

Karakteristik dari sampah yang biasa ditampilkan dalam penanganan sampah adalah karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen-komponen sampah. Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya, seperti:

a. Karakteristik fisika: yang paling penting adalah densitas, kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalor, dan distribusi ukuran.

b. Karakteristik kimia: khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiri dari unsur C, N, O, P, H, S, dan sebagainya [4].

2.2. Gasifikasi Plasma

Plasma terbentuk dari percampuran ion, elektron, dan partikel netral. Plasma sangat panas dan merupakan gas yang bersifat penghantar listrik. Di alam, plasma dapat dijumpai pada petir dan pada permukaan matahari [5].

Gasifikasi plasma adalah merupakan suatu metode efektif dalam menguraikan berbagai senyawa organik dan anorganik menjadi elemen-elemen dasar dari sebuah senyawa seperti gas sintesis dan *slag* yang mempunyai nilai ekonomis, sehingga dapat dipergunakan kembali (*reuse*) dan di daur ulang (*recycle*). Komponen terpenting dari sistem gasifikasi plasma adalah sebuah reaktor plasma (*plasma gasifier*), yang dapat terdiri dari sebuah *plasma torch* atau lebih. Reaktor plasma akan

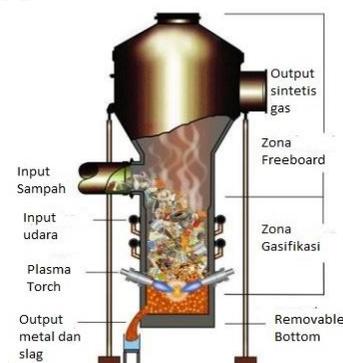
dioperasikan pada kondisi *sub-stoichiometric* atau tanpa oksigen yang masuk dalam reaktor plasma pada suhu diatas 5000°C, sehingga tidak terjadi proses pembakaran. Jadi sistem gasifikasi plasma dan *vitrifikasi* ini bukan sebuah *incinerator* atau tungku pembakaran lainnya.

Prinsip kerja gasifikasi plasma mengkonversi sampah menjadi energi listrik. Sampah dimasukan ke transformer termal yang dikenal sebagai reaktor atau plasma gasifier. Karena prosesnya destruksi total secara termal, maka tidak dibutuhkan pemilahan atau *pre-treatment* sampah terlebih dahulu, kecuali pemotongan untuk menyesuaikan dengan ukuran reaktor.

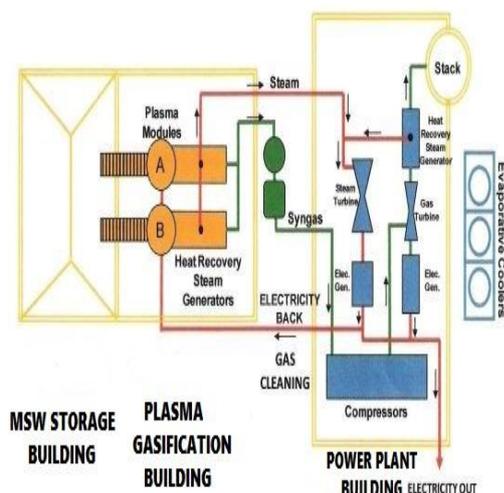
Sebuah busur (*torch*) plasma atau lebih yang terletak di dasar reaktor memanaskan udara secara regular di dalam reaktor. Temperatur di dalam busur sangat panas, sehingga temperatur di luar yang berkontak dengan bahan yang akan didestruksi akan mempunyai temperatur sampai 5.000 °C. Udara super panas ini akan secara termal mendegradasi material yang berada di dalam reaktor [6].

Unit gasifikasi plasma mengubah material yang mengandung karbon seperti sampah atau material lainnya menjadi dua jenis produk yang bermanfaat dan menguntungkan yaitu bahan bakar kaya energi yang disebut gas sintesis dan zat padat inert.

Gas sintesis dapat digunakan sebagai sumber energi untuk membangkitkan energi listrik pada pembangkit listrik yang menggunakan turbin uap dan/atau turbin gas. Pada turbin uap, gas sintesis digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler pada sebuah generator uap. Untuk selanjutnya turbin uap ini menggerakkan generator listrik yang menghasilkan energi listrik. Selain itu gas sintesis melalui proses pembersihan gas dan pemadatan gas dengan bantuan peralatan dapat menggerakkan turbin gas. Gas sintesis yang telah digunakan untuk menggerakkan turbin gas untuk selanjutnya dapat digunakan kembali untuk menggerakkan turbin uap. Teknologi ini dinamakan sebagai *Integrated Gasification Combine Circle* (IGGC). Teknologi IGGC ini memiliki efisiensi pembangkitan tenaga listrik dari energi termal sebesar 45% [8]. Gambar penampang melintang reaktor gasifikasi plasma dapat dilihat pada gambar 1. PLTSA Dengan Menggunakan Teknologi IGGC dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Penampang Melintang Reaktor Gasifikasi Plasma [7].



Gambar 2. PLTSa Dengan Menggunakan Teknologi IGCC [8].

2.3 Konversi Energi

Untuk membangun sebuah pembangkit tenaga listrik, perlu diketahui terlebih dahulu seberapa besar kapasitas daya yang ingin dibangkitkan dan seberapa besar kebutuhan bahan bakar yang diperlukan atau sebaliknya dari bahan bakar yang ada, berapa kapasitas daya yang dapat dibangkitkan. Karenanya, perlu diketahui seberapa besar limbah sampah, berapa kandungan kalorinya, dan berapa kapasitas daya yang dapat dibangkitkannya sehingga akan diperoleh jumlah energi listrik (kWh) yang dapat dihasilkan dari proses gasifikasi plasma. Asumsi nilai kalor dari beberapa sumber bahan dapat dilihat pada tabel 1. Keluaran energi terhadap masukan kalor

$$\begin{aligned}
 1 \text{ kJ} &= 0,2388 \text{ kkal} \\
 &= 0,2948 \text{ BTU} \\
 &= 0,000277 \text{ kWh} \\
 1 \text{ kkal} &= 0,001163 \text{ kWh} = 4,18 \text{ kJ} \\
 1 \text{ kWh} &= 860 \text{ kkal (IEC 46 1962)}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan kapasitas daya pembangkitan, harus diketahui jumlah sampah, setelah mengetahui jumlah sampah, kemudian memasukkan nilai kalorinya, sehingga dihasilkan jumlah energi yang dapat dibangkitkan (kWh).

$$\begin{aligned}
 JK &= JS \times NK \\
 JE &= JK \times 0.001163 \times \eta
 \end{aligned}$$

$$KDP = \frac{JE}{T}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 JK &= \text{Jumlah Kalori (kkal)} \\
 JE &= \text{Jumlah Energi (kWh) per hari} \\
 JS &= \text{Jumlah Sampah (kg)} \\
 NK &= \text{Nilai Kalori (kkal/kg)} \\
 \eta &= \text{efisiensi}
 \end{aligned}$$

$$KDP = \text{Kapasitas daya pembangkitan (kWh)}$$

$$T = \text{Jumlah jam perhari (h)}$$

Tabel 1. Asumsi nilai kalor dari beberapa sumber bahan baku [9].

No	Jenis Industri	Bahan Baku (feedstock)	Calori	Maisture
1	Kelapa sawit	Serat sawit	3340	30
		Cangkang	4300	15
		Tandan kosong sawit	1200	45
		Pelepah sawit	3350	20
		Batang replanting	3500	20
2	Tebu	Ampas tebu	1850	50
		Dan dan pucuk tebu	3000	30
3	Kelapa	Sabut kelapa	3300	30
		Tempurung kelapa	4300	15
4	Karet	Batang replanting karet	4400	15
5	Padi	Sekam padi	3350	12
		Jerami padi	2800	50
6	Jagung	Tongkol jagung	3500	14
		Batang dan daun jagung	2500	40
7	Kayu	Kayu limbah industri	4400	15
8	Sampah kota	Refuse derived fuel	2200	20
9	Pulp dan paper	Black liquor	3300	70

2.4 Analisis Ekonomi

Dalam analisis ekonomi energi listrik ini mengarah kepada perhitungan biaya investasi pembangkitan listrik, biaya operasional, biaya pemeliharaan dan nilai penjualan energi listrik yang diproduksi selama setahun.

Secara umum analisis ekonomi teknik digunakan sebagai analisis ekonomis dari suatu investasi pembangkit energi listrik untuk menghitung biaya produksi energi listrik, tarif dan sebagainya.

Untuk mengetahui biaya produksi listrik per kWh, pendapatan dan investasi pembangkit, maka perlu dilakukan analisis terhadap aspek ekonomi dan pembiayaannya.

a. Biaya Modal (Capital Cost)

Biaya modal adalah semua pengeluaran yang dibutuhkan selama proyek berlangsung mulai dari pra survey sampai proyek selesai di bangun. Biaya modal tersebut dipengaruhi oleh tingkat suku bunga dan umur ekonomis suatu pembangkit. Biaya modal (capital cost) antara lain:

- Biaya pekerjaan survey.
- Biaya pekerjaan sipil.
- Biaya pekerjaan mekanikal dan elektrik.
- Biaya pekerjaan jaringan distribusi.
- Biaya tidak langsung (biaya tak terduga)

b. Biaya modal/Capital Cost (CC) dirumuskan pada persamaan berikut [10] :

$$CC = \frac{BP \times CRF}{E}$$

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

dimana:

BP = biaya pembangunan (Rp)

E = jumlah pembangkitan energi listrik (kWh)

$CRF = \text{Capital Recovery Factor}$

i = suku bunga

n = tahun

c. Biaya Operasional 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 dan biaya tidak tetap (*variabel cost*) yaitu biaya yang berkaitan dengan pengeluaran untuk peralatan dan perawatan yang dipakai dalam periode pendek dan tergantung pada besar tenaga listrik yang dihasilkan.

d. Biaya Bahan Bakar

Pada pembangkit ini menggunakan bahan bakar dari sampah. Oleh karena itu pada pembangkit ini tidak dikenakan biaya bahan bakar. Akan tetapi biaya bahan bakar merupakan operasional pengangkutan sampah dari lokasi TPS ke lokasi Pembangkitan.

e. Biaya Total

Biaya total merupakan penjumlahan biaya modal, biaya operasional dan biaya bahan bakar dalam setahun. Biaya total dapat dirumuskan sebagai berikut [10]:

$$TC = CC + OM + FC$$

Dimana:

TC = Biaya Total

CC = Biaya Modal

OM = Biaya Operasional dan Pemeliharaan

FC = Biaya Bahan Bakar

f. Pendapatan per Tahun (*Cash in Flow*)

Cash in flow (CIF) dirumuskan pada persamaan berikut [10]:

$$CIF = H \times P - TC \times E$$

dimana:

H = harga jual (Rp/kWh)

P = daya yang dijual (kWh)

TC = biaya pembangkitan total (Rp/kWh)

E = energi yang dihasilkan (kWh)

3. Metode Penelitian dan Data

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian kajian konversi potensi sampah Kota Pontianak menjadi energi listrik dengan gasifikasi plasma, pendekatan penelitian menggunakan penelitian kuantitatif non eksperimental yaitu keadaan obyek yang diteliti dipaparkan sesuai fakta yang ada, dikemukakan dengan hipotesis yang diturunkan dari suatu teori dan kemudian diuji kebenarannya berdasarkan data empiris. Pada penelitian ini memaparkan kajian terhadap pemanfaatan sampah di Kota Pontianak untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Sedangkan sifat penelitian ini adalah mengamati/observasi penanganan permasalahan sampah yang ada di Kota Pontianak untuk di konversikan menjadi energi listrik.

3.2 Data

Kota Pontianak memiliki luas keseluruhan wilayah mencapai 107.82 km². Secara administrasi Kota

Pontianak dibagi menjadi 6 (enam) kecamatan dan 29 (dua puluh sembilan) kelurahan.

Dilihat dari perkembangan selama lima tahun terakhir, yaitu pada periode 2011-2015 jumlah penduduk di Kota Pontianak setiap tahunnya mengalami peningkatan. Dalam periode lima tahun terakhir antara tahun 2011-2015 pertumbuhan penduduk di Kota Pontianak mencapai 7,34 persen, dimana pertumbuhan penduduk laki-laki sebesar 6,77 persen dan pertumbuhan penduduk perempuan sebesar 7,93 persen. Jumlah penduduk erat kaitannya dengan produksi sampah. Semakin besar jumlah penduduk maka semakin banyak produksi sampah yang dihasilkan. Selain itu pertumbuhan industri juga turut menyumbang jumlah sampah yang harus ditangani. Jumlah sampah yang dihasilkan Kota Pontianak dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Produksi Sampah Per Hari Dalam Satuan Ton di Kota Pontianak

No	Jenis	Satuan	Tahun					
			2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Luas Kota Pontianak	Km ²	107,82	107,82	107,82	107,82	107,8	107,82
2	Jumlah Penduduk	jiwa	554.764	577.314	577.314	598.097	609	621.650
3	Jumlah Produksi Sampah	Ton/hari	550,3	576,85	642,46	656,77	665,9	683,82

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pontianak (dikonversi ke dalam satuan ton)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Potensi Energi Listrik dari Sampah di Kota Pontianak

Untuk menghitung potensi energi listrik dari sampah di Kota Pontianak dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Menentukan besarnya jumlah berat sampah yang akan dihitung;
- Menentukan besarnya nilai kalori sampah (nilai kalori sampah = 2200 kkal/kg);
- Menentukan besarnya keluaran energi terhadap masukan kalor (1 kkal=0,001163 kWh);
- Menentukan besarnya energi yang dihasilkan melalui proses gasifikasi plasma (asumsi energi yang dihasilkan di dalam *gasifier reactor* memiliki efisiensi 80% dalam mengcover energi sampah menjadi gas sintetis dan memiliki rugi-rugi 10% dari proses gasifikasi tersebut)[11];
- Menentukan besarnya energi listrik yang dihasilkan dari proses pembangkitan energi listrik oleh sistem pembangkit energi listrik (asumsi sistem pembangkit menggunakan teknologi IGGC yang mempunyai efisiensi sebesar 45%)[8];
- Menentukan besarnya energi listrik yang dapat digunakan pada sistem kelistrikan di Kota Pontianak (asumsi energi yang digunakan untuk proses ini (pemakaian sendiri) sebesar 5% dari total energi yang dibangkitkan)[12].

Besarnya energi listrik yang dapat dihasilkan dari 1 ton sampah adalah sebagai berikut:

- Besarnya nilai kalori sampah
= berat sampah (kg) x nilai kalori sampah (kkal/kg)
= 1000 x 2200 = 2.200.000 kkal
- Energi terhadap masukan kalor
= 2.200.000 kkal x 0,001163 kWh/kkal = 2.558,6 kWh
- Energi yang dihasilkan melalui proses gasifikasi plasma = 80% x 90% x 2.558,6 kW = 1.842,192 kWh
- Energi Listrik yang dibangkitkan oleh sistem IGGC
= 1.842,192 kWh x 45% = 828,9864 kWh
- Total energi listrik yang dihasilkan setelah pengurangan daya yang digunakan sendiri
= 828,9864 - (828,9864 x 5%) = 787,5371 kWh.

Sehingga untuk 1 ton sampah dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebesar 787,5371 kWh.

Dari hasil perhitungan, jumlah total energi listrik yang dapat dibangkitkan selama periode tahun 2011 sampai tahun 2016 seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Total Potensi Energi Listrik dari Sampah Kota Pontianak

No	Tahun	Sampah (Ton /tahun)	Sampah (Ton/hari i)	Energi Listrik Pertahun (MWh)	Energi Listrik Perhari (MWh)	Daya Listrik (MW)
1	2011	200.859,50	550,30	158.184,30	433,38	18,05
2	2012	210.550,25	576,85	165.816,13	454,29	18,92
3	2013	234.497,90	642,46	184.675,79	505,96	21,08
4	2014	239.721,05	656,77	188.789,22	517,23	21,55
5	2015	243.046,20	665,88	191.407,89	524,40	21,85
6	2016	249.594,30	683,82	196.564,77	538,53	22,43
Jumlah		1.378.269,20		1.085.438,10		

Sumber: hasil perhitungan

4.2. Analisis Potensi Penjualan Energi Listrik

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 27 Tahun 2014 tentang pembelian tenaga listrik untuk biomassa Rp. 1.150,- /kWh x F jika terinterkoneksi pada tegangan menengah oleh PT. PLN (Persero) dengan besaran untuk wilayah Kalimantan, $F = 1,30$ [13]. Pendapatan per tahun dari penjualan listrik yang berasal dari sampah dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Ekonomis Konversi Sampah Menjadi Energi Listrik

No	Tahun	Nilai Penjualan Listrik (Rp)
1	2011	236.485.534.659,79
2	2012	247.895.112.972,01
3	2013	276.090.308.191,04
4	2014	282.239.877.518,64
5	2015	286.154.802.506,38
6	2016	293.864.325.478,93
Total		1.622.729.961.326,79

Sumber: hasil perhitungan

4.3. Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi diperlukan untuk menentukan biaya produksi energi listrik per kWh. Di dalam menentukan biaya tersebut diperlukan data-data seperti biaya investasi pembangunan sebuah pembangkit listrik, biaya operasional, biaya perawatan dan biaya bahan

bakar. Biaya-biaya tersebut diatas dengan menggunakan analisis ekonomi teknik akan diperhitungkan biaya yang akan dikeluarkan selama setahun (*annual cost*).

a. Perhitungan Biaya Modal (CC)

Untuk membangun sebuah PLTSA dengan asumsi kapasitas yang akan digunakan adalah 750 ton perhari yang menggunakan teknologi gasifikasi plasma. Berdasarkan referensi [14] biaya modal yang diperlukan untuk membangun PLTSA dengan kapasitas 1000 ton per hari adalah sebesar US\$ 150.000.000,00. Dengan asumsi nilai mata uang 1 dolar Amerika sama dengan Rp. 13.362,00, dan *increase factor* sebesar 1,1 maka didapat biaya investasi pembangkit listrik kapasitas 750 ton per hari sebesar Rp. 1.653.547.500.000,00. Dengan suku bunga pinjaman sebesar 6%, 9%, dan 12% dan umur ekonomis pembangkit adalah 25 tahun maka dapat dihitung untuk biaya modal sebagai berikut:

Perhitungan Biaya Modal (*Capital Cost*) :

Untuk suku Bunga (i) = 6%

= Rp. 598,25/kWh

Untuk suku bunga (i) = 9%

= Rp. 766,99/kWh

Untuk suku bunga (i) = 12%

= Rp. 974,08/kWh

b. Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan (OM).

Biaya Operasional dan Pemeliharaan untuk PLTSA dengan gasifikasi plasma diasumsikan sebesar 5 persen dari biaya Investasi. Biaya Operasional dan pemeliharaan untuk pembangkit teknologi gasifikasi plasma ini diasumsikan dua kali lebih besar dari biaya operasional dan pemeliharaan PLTSA konvensional (teknologi insinerasi). Sehingga biaya operasional dan pemeliharaan pertahun sebesar Rp. 82.677.375.000,00. Biaya operasional dan pemeliharaan per kWh dapat dihitung sebagai berikut:

OM = (Rp. 82.677.375.000,00) / (365 x 750 x 787,5371)
= Rp. 383,50/kWh

c. Perhitungan Biaya Bahan Bakar (FC)

Untuk PLTSA dengan teknologi gasifikasi plasma ini tidak diperlukan biaya bahan bakar. Namun biaya yang diperlukan adalah untuk mengangkut sampah dari TPS yang berada tersebar di Kota Pontianak ke Lokasi TPA Batulayang. Besarnya biaya tersebut sebesar Rp. 12.845.842.500,00 per tahun.

Biaya bahan bakar per kWh dapat dihitung sebagai berikut:

OM = (Rp. 12.845.842.500,00) / (365 x 750 x 787,5371)
= Rp. 59,59/ kWh

d. Perhitungan Biaya Pembangunan Total per tahun.

Estimasi perhitungan untuk biaya modal, biaya operasional, biaya perawatan dan biaya bahan bakar dengan asumsi suku bunga pinjaman 6%, 9% dan 12% dan umur ekonomis PLTSA selama 25 tahun dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Total Biaya Pembangkit PLTSa Gasifikasi Plasma per kWh

Biaya	Suku bunga Pinjaman 6% (Rp/kWh)	Suku Bunga Pinjaman 9% (Rp/kWh)	Suku Bunga Pinjaman 12% (Rp/kWh)
Biaya Modal	598,25	766,99	974,08
Biaya Operasional dan Perawatan	383,50	383,50	383,50
Biaya Bahan Bakar	59,59	59,59	59,59
Jumlah	1.041,34	1.210,07	1.417,16

Sumber: hasil perhitungan

e. Pendapatan Per Tahun (CIF)

Dengan asumsi harga penjualan energi listrik yang digunakan adalah untuk tahun 2016 maka pendapat per tahun (CIF) dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk suku bunga (i) = 6%

= Rp. 94.480.822.348,20

Untuk suku bunga (i) = 9%

= Rp. 56.007.199.916,10

Untuk suku bunga (i) = 12%

= Rp. 15.300.601.696,80

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat di ambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Gasifikasi plasma merupakan teknologi energi baru terbarukan (EBT) yang efektif dalam menciptakan Kota Pontianak yang bersih dari sampah. Hasil perhitungan di dapat untuk 1 ton sampah menghasilkan energi listrik sebesar 787,5371 kWh. Dengan jumlah sampah yang dapat mencapai 683,82 ton/hari pada tahun 2016 di kota Pontianak maka dapat dibangkitkan daya sebesar 21,85 MW, dan energi listrik yang dihasilkan sebesar 196.564,77 MWh/tahun.
2. Dari hasil perhitungan selama 6 (enam) tahun terakhir, dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2016 sebanyak 1.378.269,2 ton sampah kota Pontianak dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1.085.438,10 MWh. Sehingga estimasi penjualan energi listrik akan mencapai Rp. 1.622.729.961.326,79. Potensi ini sangat besar mengingat pada kondisi saat ini sampah tidak mempunyai nilai ekonomis dan membutuhkan biaya yang cukup besar dalam pengelolaannya.
3. Dari hasil perhitungan didapat biaya pembangkit per kWh untuk suku bunga pinjaman 6% adalah Rp. 1.041,34/kWh, untuk suku bunga pinjaman 9% adalah Rp. 1.210,07/kWh dan untuk suku bunga pinjaman 12 % adalah Rp. 1.417,16 kWh dengan asumsi umur ekonomis adalah selama 25 tahun. Sedangkan pendapatan pertahun dengan asumsi sebagai dasar perhitungan adalah untuk tahun 2016 dan untuk jumlah nilai yang terjual adalah tetap dan total biaya adalah tetap maka di dapat untuk suku bunga 6% pendapatan per tahun senilai Rp. 94.480.822.348,20, untuk suku bunga 9% pendapatan pertahun senilai Rp. 56.007.199.916,10 dan untuk suku bunga 12% pendapatan pertahun senilai Rp. 15.300.601.696,80.

Referensi

- [1.] Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pontianak, 2015, "Profil UPTD Pengelolaan Tempat Pembuangan Akhir Sampah dan Limbah".
- [2.] Herbert, Ben., 2014, "Advanced Plasma Gasification System-Current and Emerging Technologies", Director of Research and Environment Stopford Energy and Environment: The 14th Annual APGTF Workshop.
- [3.] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2015, "Buku Panduan Sampah menjadi Energi", Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.
- [4.] Damanhuri, Enri., dan Padi, Tri. 2010, "Pengelolaan Sampah", Diktat Kuliah TL-3104, Institut Teknologi Bandung. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan: Program Studi Teknik Lingkungan.
- [5.] Dodge, E., 2008, "Plasma Gasification: Clean Renewable Fuel Through Vaporization of Waste". Cornell University-Johnson Graduate School of Management, Queens University Scholl of Business.
- [6.] Westinghouse Plasma Gasification, 2014, "Scaling Up to 100 MW", SGC International Conference on Gasification. Sweden.
- [7.] O' Brien, John., 2008, "Electricity Restructuring Roundtable", NRG.
- [8.] F.N.C, Anyaegbunam., 2013, "American Journal of Engineering Research (AJER)", Sustainable Power Generation by Plasma Physics.
- [9.] Tajali, Arief., 2015, "Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif", Penabulu Aliance.
- [10.] Butar-Butar, David Partogi.; Amin, M. Natsir.; Kasim, Surya Tarmizi, " Analisis Biaya Produksi Listrik Per KWh Menggunakan Bahan Bakar Biogas Limbah Cair Kelapa Sawit (Aplikasi Pada PLTBGS) PKS Tandun)", Jurnal Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Vol. 3 NO. 1/Jul 2013. Hlm. 17-22.
- [11.] Ducharme, Caroline.; Themelis, Nickolas J.; dan Castaldi, Marco J., 2010. "Technical and Economic Analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy Processes", Columbia University.
- [12.] Westinghouse Plasma Gasification, "Energy Evolved", Westinghouse Plasma Corporation a Division of Alter NRG Corp
- [13.] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 27 Tahun 2014, "Pembelian Tenaga Listrik Tenaga Biomassa dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (PERSERO)".
- [14.] Alter NRG, 7 June 2016, "Alter NRG Plasma Gasification: The Next Generation of Waste-To-Energy Solution", Deep Dive Workshop on Waste-To-Energy, 2016 Asian Clean Energy Forum.
- [15.] Siwi Kuncoro, Kuku., 2010, "Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah 10 MWe di Kota Medan di Tinjau dari Apek Teknis, Ekonomi, dan Lingkungan", Institut Teknologi Sepuluh November.

- [16.] Budiman, Aris. 2015. “Kajian Tekno Ekonomi Potensi Sampah Kota Pontianak sebagai Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)“, UniversitasTanjungpura: Program Magister Teknik Elektro.

Biografi



Usmadiansyah, lahir di Pontianak pada tanggal 10 Juni 1975. Sebelum menempuh pendidikan S2 (tahun 2015 sampai tahun 2017), Penulis telah mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Elektro (S1) di Universitas Tanjungpura Pontianak.