

STUDI KAJIAN KELAYAKAN PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSA) KOTA PADANG (STUDI KAJIAN DI TPA AIR DINGIN KOTA PADANG)

Oleh:

Nofri Dodi*, Syafii** dan Slamet Raharjo***

*Mahasiswa S2 Teknik Elektro Universitas Andalas

**Staf Pengajar Teknik Elektro Universitas Andalas

***Staf Pengajar Teknik Lingkungan Universitas Andalas

Abstrak

Seiring dengan pertambahan penduduknya setiap tahun dengan beraneka ragam aktifitas kehidupan masyarakatnya selalu menghasilkan sampah setiap harinya. Dibalik semua permasalahan sampah yang ada di kota Padang jika dengan memanfaatkan teknologi yang sudah semakin maju, maka sampah yang ada di TPA Air Dingin kota Padang mempunyai potensi nilai ekonomis dan nilai manfaat secara teknis. Dalam kajian penelitian ini dilakukan kajian tentang potensi yang ada pada sampah yang terdapat di TPA Air Dingin kota Padang. Terdapat 2 kajian yang digunakan dalam kajian penelitian ini. Kajian yang pertama adalah untuk menghitung estimasi kasar produksi gas bio, potensi emisi gas metan dan potensi estimasi energi listrik yang dihasilkan dari potensi sampah yang ada di TPA Air Dingin kota Padang. Sedangkan kajian yang kedua adalah kajian penilaian investasi proyek untuk pendirian PLTSA dari hasil potensi sampah yang ada di TPA Air Dingin kota Padang. Dari hasil perhitungan analisa data diperoleh hasil potensi produksi LFG yang ada di TPA Air Dingin kota Padang sebesar 10.405,76 ton/tahun, daya listrik yang bisa dibangkitkan sebesar 3.215,67 kW dan energi listrik yang bisa dihasilkan sebesar 28.169.259,47kWh. Sedangkan berdasarkan analisa perhitungan investasi proyek yang menggunakan metode *least cost* didapatkan hasil nilai NPV (*Net Present Value*) sebesar Rp. 62.709.495.336,-, nilai IRR (*Internal Rate of return*) sebesar 22,22% dan nilai BCR (*Benefit Cost ratio*) adalah 12,33 serta nilai PP (*Payback Periode*) selama 1,13 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan analisa data, disimpulkan bahwa TPA Air Dingin kota padang memiliki potensi sampah yang baik untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pendirian Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).

Kata Kunci : *Sampah, Nilai Ekonomis, LFG dan PLTSA*

Abstract

*Along with the population every year with diverse activities of community life always produce garbage every day. Behind all the garbage problem in the city of Padang if by utilizing technology that is more advanced, then the garbage in the landfill Cold Water Padang city have potential economic value and the value of benefits technically. In this research study conducted studies on the potential of landfill garbage contained in the Cold Water Padang. There are two studies used in this research study. The first study is to calculate a rough estimate of bio-gas production, the potential emissions of methane and the potential of electrical energy generated estimates of potential landfill garbage in the city of Padang Cold Water. While the second study is assessment study for the establishment of investment projects from the potential PLTSA garbage in the landfill Cold Water Padang. From the calculation results of the analysis of data obtained LFG production potential in landfill Cold Water Padang city of 10405.76 tons / year, electric power can be generated at 3215.67 kW and electrical energy that can be generated by 28.169.259,47kWh. While the calculation is based on the analysis of investment projects that use least cost methods showed the NPV (*Net Present Value*) of Rp. 62,709,495,336, -, IRR (*Internal Rate of Return*) of 22.22% and the value of BCR (*benefit cost ratio*) is 12.33 and the value of PP (*payback period*) for 1.13 years. Based on the calculation results of data analysis, we can conclude that the desert city Cold Water TPA has good potential for waste to be used as a raw material establishments Power Plant Waste (PPW).*

Keywords : *Garbage, Economic Value, LFG and PPW*

1. Pendahuluan

Kota Padang adalah kota terbesar di pantai barat pulau Sumatera sekaligus ibu kota dari provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Kota

ini memiliki wilayah seluas 694,96 km² dengan kondisi geografi berbatasan dengan laut namun memiliki daerah perbukitan yang ketinggiannya mencapai 1.853 mdpl. Berdasarkan Data Agregat Kependudukan per

Kecamatan (DAK2) tahun 2012, kota ini memiliki jumlah penduduk sebanyak 871.534 jiwa yang didominasi oleh etnis Minangkabau.

Saat ini kota Padang menjadi pusat perekonomian dengan jumlah pendapatan per kapita tertinggi di Sumatera Barat. Selain itu, kota ini juga menjadi pusat pendidikan dan kesehatan di wilayah Sumatera bagian tengah, disebabkan keberadaan sejumlah perguruan tinggi (termasuk Universitas Andalas, kampus tertua di luar pulau Jawa) dan fasilitas kesehatan yang cukup lengkap.

Dari semua permasalahan yang ada di kota Padang, yang cukup menjadi perhatian adalah penanganan masalah sampah. Penanganan sampah di kota Padang saat ini sangat buruk sekali. Sampah menggunung nyaris di semua lokasi Tempat Pembuangan Sementara (TPS). Bak sampah, berupa bak truk otomatis yang ditempatkan di titik-titik TPS tak mampu menampung sampah yang dihasilkan masyarakat di sekitar lokasi tersebut. Bak terisi penuh, sedangkan sampah yang di luar bak jumlahnya tiga sampai lima kali lipat dari jumlah sampah yang di dalam bak.

Penanganan sampah adalah bagian dari tugas dan tanggung jawab pemerintah kota Padang terhadap warganya. Apalagi warga telah membayar retribusi sampah yang dipotong saat pembayaran rekening air PDAM yang berada di bawah naungan Pemko Padang. Sejalan dengan hal tersebut, adalah juga merupakan tanggungjawab dari perguruan tinggi sebagai salah satu perannya dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu memberikan Pengabdian Kepada Masyarakat sebagai suatu wujud partisipasi perguruan tinggi menangani permasalahan yang ada di masyarakat sekitarnya.

Seiring dengan permasalahan itu masyarakat akademis yang berada di perguruan tinggi mempunyai tugas dalam melakukan kajian dan melakukan pengembangan teknologi untuk memberikan kontribusi positif dalam menangani dan mengatasi permasalahan dari sampah yang ada ini.

Sejalan dengan hal tersebut di atas, dengan sumberdaya yang mudah didapat karena sampah adalah barang yang dibuang setiap harinya bahkan orang rela membayar uang sampah untuk membuang sampah agar

tidak mengotori rumah dan lingkungannya. Sehingga menjadikan sampah sebagai salah satu bahan yang ideal untuk diolah menjadi energi terbarukan. Berdasarkan fakta dan realita dilapangan, penulis tertarik untuk mengangkat masalah ini menjadi suatu kajian penelitian lapangan dengan studi kajian dilakukan pada TPA Air Dingin kota Padang

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Definisi Sampah

Sampah merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam yang tidak mempunyai nilai ekonomi. Dalam Undang-Undang nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dinyatakan definisi sampah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau dari proses alam yang berbentuk padat.

2.2 Dampak Negatif Keberadaan Sampah

Pengelolaan sampah yang tidak dilakukan secara sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan akan dapat menimbulkan berbagai dampak yang negatif. Menurut Gelbert dkk (dalam Faizah, 2008) dampak tersebut yang akan ditimbulkan adalah sebagai berikut:

- a. Dampak terhadap kesehatan adalah merupakan tempat berkembang biaknya organisme yang dapat menimbulkan berbagai penyakit, meracuni hewan dan tumbuhan yang akan dikonsumsi oleh manusia.
- b. Dampak terhadap lingkungan yaitu, mati atau punahnya flora dan fauna serta menyebabkan kerusakan pada unsur-unsur alam seperti terumbu karang, tanah, perairan hingga lapisan ozon.
- c. Dampak terhadap sosial ekonomi, bisa menyebabkan bau busuk (polusi udara), pemandangan buruk yang sekaligus berdampak negatif terhadap pariwisata serta bencana seperti banjir.

2.3 Manfaat Gas Yang Dihasilkan Dari Sampah

Pemanfaatan gas yang dihasilkan sampah yang diperoleh dari tempat pembuangan akhir (TPA) untuk energi

menawarkan beberapa keuntungan secara signifikan pada lingkungan, ekonomi dan energi. Keuntungan ini memberikan nilai tambah pada pemilik *landfill*, pembeli dan pengguna energi serta masyarakat disekeliling TPA.

2.4 Proses Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Proses Kerja PLTSa terdapat dua macam yaitu: Proses pembakaran (thermal) dan proses teknologi fermentasi metana (gasifikasi)

a. Proses pembakaran

PLTSa dengan proses pembakaran menggunakan proses konversi thermal dalam mengolah sampah menjadi energi

b. Teknologi fermentasi metana

Pemanfaatan gas dari sampah untuk pembangkit listrik dengan teknologi fermentasi metana dilakukan dengan dengan metode *sanitary landfill* yaitu, memanfaatkan gas yang dihasilkan dari sampah (*gas sanitary landfill/LFG*). *Landfill Gas* (LFG) adalah produk sampingan dari proses dekomposisi dari timbunan sampah yang terdiri dari unsur 50% metan (CH_4), 50% karbon dioksida (CO_2) dan <1% *non-methane organic compound* (NMOCs). LFG harus dikontrol dan dikelola dengan baik karena, jika hal tersebut tidak dilakukan dapat menimbulkan *smog* (kabut gas beracun), pemanasan global dan kemungkinan terjadi ledakan gas, sistem *sanitary landfill* dilakukan dengan cara memasukkan sampah kedalam lubang selanjutnya diratakan dan dipadatkan kemudian ditutup dengan tanah yang gembur demikian seterusnya hingga membentuk lapisan-lapisan.

3. Metodologi Kajian

3.1 Metode Analisis Data

Data yang sudah didapat selanjutnya dilakukan analisis dan pembahasan terhadap data tersebut. Tahapan yang akan dilakukan dalam menganalisis data adalah sebagai berikut:

a. Estimasi kasar produksi gasbio

Dalam metode ini digunakan beberapa asumsi seperti:

1. Setiap ton sampah yang dikubur diperkirakan akan menghasilkan gas sebesar $6 \text{ m}^3/\text{tahun}$.
2. Porsi gas metan dianggap 50 % dari komposisi gas LFG yang mungkin dihasilkan.
3. Umur sampah tidak lebih dari 10 tahun.
4. Produksi gas dianggap berlangsung antara 5-15 tahun.
5. Adapun rumus yang digunakan dalam metode ini adalah:

$$Q = M \times 10 \times T/8760 \quad (3.1)$$

dimana:

Q = aliran gas (m^3/jam)

M = jumlah sampah yang dapat terurai (ton)

T = waktu (tahun)

b. Metode IPCC waste model calculation

Proses perhitungan emisi CH_4 dengan IPCC *waste model calculation* diawali dengan menghitung total sampah terurai yang ditimbun di TPA menggunakan persamaan berikut:

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF \quad (3.2)$$

dimana:

$DDOC_m$: total sampah terurai yang ditimbun di TPA (Gg)

W : total sampah yang ditimbun di TPA (Gg)

DOC : fraksi sampah mudah terurai (Gg C/Gg sampah)

DOC_f : fraksi DOC terdekomposisi

MCF : Faktor koreksi CH_4

Dimana estimasi nilai DOC dapat diperoleh berdasarkan komposisi sampah dan dapat dihitung melalui rata-rata nilai DOC dari masing-masing sampah terurai. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$DOC = (DOC_i \times W_i) \quad (3.3)$$

dimana:

DOC_i : fraksi karbon organik sampah tipe i

W_i : fraksi berat sampah tipe i

Nilai DOC_f yang umum digunakan adalah 0,5. Nilai DOC_f dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, kelembaban, pH, dan komposisi sampah.

c. Analisa ekonomi

Biaya potensial pada energi sampah adalah biaya modal dan operasional. Salah satu kelemahan utama untuk menyiapkan fasilitas energi sampah adalah biaya modal yang tinggi. Menurut organisasi penelitian

utama di *Waste to Energy* yang berada di negara Amerika Serikat (Limbah untuk energi riset dan teknologi council 2012), biaya modal berkisar dari \$ 150.000 hingga mencapai \$ 200.000 per ton, harian *Capacity* di Uni Eropa. Sebelum suatu proyek dilaksanakan perlu dilakukan analisa dari investasi tersebut, sehingga diketahui kelayakan suatu proyek dilihat dari sisi ekonomi investasi. Ada beberapa metode penilaian investasi proyek, yaitu:

1. Net Present Value (NPV)

NPV adalah nilai sekarang dari keseluruhan *Discounted Cash Flow* atau gambaran ongkos/pembiayaan total dengan kata lain dapat disebut sebagai pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai pada awal proyek). Secara matematik nilai NPV dapat dicari dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t} - COF \quad (3.7)$$

dimana:

NPV = *Net Present Value*

K = *Discount rate* yang digunakan

COF = *Cash outflow*/ investasi

CIF_t = *Cash in flow* pada periode t

N = Periode terakhir *cash flow* diharapkan

2. Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah modal yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR ditunjukkan dalam bentuk persentase (%) per periode dan biasanya bernilai positif (I>0). Perhitungan untuk mencari nilai IRR ini digunakan persamaan:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \quad (3.8)$$

dimana:

IRR = *Internal Rate of Return* (%)

NPV₁ = *Net Present Value* dengan tingkat bunga rendah

NPV₂ = *Net Present Value* dengan tingkat bunga tinggi

i₁ = tingkat bunga pertama (%)

3. Benefit Cost Ratio (BCR)

BCR adalah rasio perbandingan antara pemasukan total sepanjang waktu operasi

pembangkit dengan biaya investasi awal. Untuk mengetahui BCR dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$BCR_t = \frac{\sum_1^n CIF_t}{Investmen\ Cost} \quad (3.9)$$

4. Payback Periode (PP)

Payback Periode adalah lama waktu yang diperlukan untuk mengembalikan dana investasi dan dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$PP = \frac{Investmen\ Cost}{Annual\ CIF} \quad (3.10)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Gambaran TPA Air Dingin kota Padang.

TPA Air Dingin Kota Padang terletak di kelurahan Air Dingin kecamatan Koto Tangah kota Padang provinsi Sumatera Barat, yang berjarak 17 km dari pusat kota dan berjarak 7 km dari pemukiman penduduk disekitarnya. TPA ini menampung sampah dari 11 kecamatan yang ada di Kota Padang. Sampah –sampah tersebut berasal dari sampah pasar, sampah taman kota, sampah perumahan, sampah non-medis rumah sakit, dan sampah perkantoran.

TPA yang didirikan pada tahun 1989 ini beroperasi selama 1 x 24 jam sehari dengan total luas areal TPA beserta unit pengolahannya adalah 33 ha, akan tetapi luas areal yang dijadikan TPA hanyalah 18 ha. Setiap harinya sampah yang masuk ke TPA Air Dingin kota Padang sebesar 400 – 450 ton/ hari yang dibawa oleh truk sampah dari TPS –TPS yang ada di kota Padang.



Gambar 1 Foto Udara TPA Air Dingin kota Padang yang diperoleh melalui *Google Earth.com* dengan ketinggian 197 meter

4.2. Komposisi sampah TPA Air Dingin kota Padang.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Kementerian PU Dirjen Cipta Karya Satker Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman (PPLP-16.2013) didapat jumlah sampah yang masuk ke TPA Air Dingin kota Padang adalah sebesar 219.131.400 Kg/tahun dengan uraian komposisi sampah yang masuk ke TPA Air Dingin kota Padang adalah sebagai berikut :

- Makanan dan sisa makanan sebesar 139.016.960,16 Kg/tahun atau sebesar 63,44 % .
- Daun (Sampah dari taman, jalanan, dll) sebesar 12.863.013,18Kg/tahun atau sebesar 5,87%
- Kayu dan produk dari kayu sebesar 17.399.033,16 Kg/tahun atau sebesar 7,94%
- Kertas, karton sebesar 11.833.095,60 Kg/tahun atau sebesar 5,40%
- Kain sebesar 3.528.015,54 Kg/tahun atau sebesar 1,61%
- Kaca dan sejenisnya sebesar 2.081.748, 30 Kg/tahun atau sebesar 0,95%
- Plastik sebesar 21.518.703,48 Kg/tahun atau sebesar 9,82%
- Besi dan metal lainnya sebesar 306.783,96 Kg/tahun atau sebesar 0,14%
- Sampah lain-lain sebesar 10.562.133,48 Kg/tahun atau sebesar 4,82%

4.3. Perhitungan Estimasi Kasar Produksi Gas Bio

Dalam melakukan perhitungan untuk mengetahui estimasi kasar produksi gas bio yang dihasilkan di TPA Air Dingin kota Padang digunakan persamaan dan asumsi yang merujuk kepada persamaan 3.1 Setelah melakukan perhitungan, didapatkan hasil perhitungan berupa proyeksi potensi gas bio yang terdapat di TPA Air Dingin kota Padang untuk perhitungan selama 20 tahun. Perhitungan awal dimulai untuk tahun 2013 sampai tahun 2033 (selama 20 tahun).

Tabel 1. Proyeksi potensi gas bio TPA Air Dingin kota Padang

Thn ke-	Thn	Jumlah Penduduk kota Padang*	Sampah organik yang diurug (ton/tahun)	Akumulasi sampah organik yang diurug (ton)	Estimasi potensi gas di landfill (m ³ /jam)
a	b	C	$g = f \times 365$ hari	$h = (n-1)g$	$i = (h \times 10 \times 1) / 8760$
0	2013	857.656	186.261,69		
1	2014	871.207	201.029,59		
2	2015	884.972	204.206,55		
3	2016	898.955	207.433,15		
4	2017	913.158	210.709,39		
5	2018	927.586	214.038,37	1.223.678,74	1.396,89
6	2019	942.242	230.211,71	1.453.890,45	1.659,69
7	2020	957.129	233.847,84	1.687.738,28	1.926,64
8	2021	972.252	237.542,91	1.925.281,20	2.197,81
9	2022	987.614	241.296,94	2.166.578,13	2.473,26
10	2023	1.003.218	245.106,81	2.411.684,94	2.753,07
11	2024	1.019.069	262.812,78	2.674.497,72	3.053,08
12	2025	1.035.170	266.967,02	2.941.464,74	3.357,84
13	2026	1.051.526	271.183,32	3.212.648,06	3.667,41
14	2027	1.068.140	275.467,87	3.488.115,93	3.981,87
15	2028	1.085.016	279.820,68	3.767.936,61	4.301,30
16	2029	1.102.160	299.202,00	4.067.138,61	4.642,85
17	2030	1.119.574	303.930,21	4.371.068,82	4.989,80
18	2031	1.137.263	308.732,88	4.679.801,69	5.342,24
19	2032	1.155.232	313.610,01	4.993.411,70	5.700,24
20	2033	1.173.484	318.564,70	5.311.976,40	6.063,90

4.4. Perhitungan Potensi Emisi Gas Metan

Adapun komposisi sampah yang menjadi perhitungan dalam mengetahui potensi emisi gas metan ini diantaranya, komposisi dari; kertas, tekstil, sampah dapur, kayu, daun/tanaman dan sampah lainnya yang bisa terurai dengan mudah.

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan hasil perhitungan potensi emisi gas bio yang terdapat di TPA Air Dingin kota Padang. Perhitungan untuk mengetahui potensi gas metan yang terdapat di TPA Air Dingin kota padang ini berdasarkan data komposisi sampah TPA Air Dingin kota Padang.

Tabel 2. Potensi emisi gas metan TPA Air Dingin kota Padang

Jenis Sampah	Jmlh Sampah yg masuk ke TPA (Kg/tahun)	Komposisi sampah di TPA (Kg)	Lo (ton/tn)
A	B	d	k
Kertas	219.131.400	11.833.095,60	1.262,20
Tekstil		3.528.015,54	225,79
Sampah Dapur		139.016.960,16	5.560,68
Kayu		17.399.033,16	1.995,09
Daun/tanaman		12.863.013,18	686,03
Nappies		10.562.133,48	675,98
Total			195.202.251,12

4.5. Perhitungan Estimasi Potensi Daya Listrik Yang Dihasilkan

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya sebesar 10.405,76 ton/tahun. Sehingga nilai daya listrik yang dihasilkannya adalah sebesar:

$$P_g = \frac{(10.405,75 \text{ ton/tahun} \times 4.450 \text{ kkal/m}^3)}{3600}$$

$$P_g = 12.862,68 \text{ kW}$$

Dengan pertimbangan dan asumsi nilai efisiensi sebesar 25 %, maka daya listrik yang bisa dibangkitkan dari potensi gas yang ada di TPA Air Dingin kota Padang adalah sebesar:

$$P_e = 25 \% \times 12.862,68 \text{ kW}$$

$$P_e = 3.215,67 \text{ kW}$$

Sedangkan energi listrik yang dihasilkannya adalah sebesar :

$$= 3.215,67 \text{ kW} \times 8.760$$

$$= 28.169.259,47 \text{ kWh}$$

Tabel 3. Perkiraan biaya investasi

Item	Biaya (Rp)
1. Sistem Ekstraksi Gas	3.835.403.220,-
2. Sistem Pengolahan Gas	2.244.000.000,-

3. Biaya Sistem Ketenagalistrikan, seperti:	
a. Paket generator dan turbin	12.361.543.053,-
b. Blower	95.748.005,-
c. Gas treatment	2.398.760.733,-
d. Sistem kontrol dan sarana pendukung	185.152.510,-
e. Heat recovery	3.277.885.763,-
f. Interkoneksi	676.923.319,-
g. Flare	310.900.515,-
h. Material dan tenaga kerja konstruksi	4.218.270.741,-
i. Manajemen proyek dan konstruksi	2.550.962.445,-
j. Biaya engineering	2.550.962.445,-
k. Biaya tak terduga	4.137.330.771,-
Total	36.445.082.787,-
Pajak 10%	3.644.508.279,-
Total Investasi	40.089.591.065,-

Tabel 4. Perkiraan biaya operasional dan pemeliharaan

Item	Biaya (Rp)
Sistem Ekstraksi Gas	655.214.716,75
Sistem Pengolahan Gas	237.600.000,00
Biaya pemeliharaan dan operasional sistem ketenagalistrikan	2.816.729.795,00
Biaya Operasional TPA	5.677.825.611,00
Total Biaya Operasional	9.387.370.122,75

4.6. Perhitungan Perkiraan Penerimaan Biaya

Besarnya perhitungan penerimaan dengan asumsi bahwa tenaga listrik yang dapat disalurkan adalah 100% dari daya yang akan dijual. Dengan merujuk kepada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 19 tahun 2013 tentang Pembelian Tenaga Listrik Oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Dari Pembangkit Listrik Berbasis Sampah Kota pada bab 2 pasal 4a-b, dimana disitu disebutkan bahwa PT. PLN (persero) wajib membeli listrik dari TPA dengan pengelolaan *Sanitary Landfill* sebesar Rp. 1.250/kWh (untuk tegangan menengah) dan Rp. 1.598/kWh (untuk tegangan rendah) jika terinterkoneksi dengan jaringan PT. PLN. Maka estimasi besar penerimaan pada tahun pertama adalah sebesar:

$$Penerimaan$$

$$= \text{Rp. } 1.598,- \times 3.215,67 \text{ kW} \times 1 \times 8760$$

$$= \text{Rp. } 45.014.492.181,60$$

$$= \text{Rp. } 45.014.181.182 \text{ (hasil pembulatan)}$$

4.7. Perhitungan Perkiraan Depresiasi

Umur ekonomis dari pembangkitan potensi energi yang ada pada sampah TPA Air Dingin kota Padang jika dibangun dalam bentuk suatu Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) diprediksi sekitar 15 tahun. Pada akhir umur pembangkit diprediksi juga masih ada nilai residu dari peralatan dan bangunan tersebut tersisa sekitar 10% dari harga perolehannya. Maka jika dihitung diperoleh nilai residu sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Residu} &= 10\% \times \text{Rp. } 45.014.181.182,- \\ &= \text{Rp. } 4.501.418.118,2. \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil nilai penyusutan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Penyusutan} &= \frac{\text{investasi} - \text{residu}}{15 \text{ tahun}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 45.041.181.182 - \text{Rp. } 4.501.418.118,2}{15 \text{ tahun}} \\ &= \text{Rp. } 2.700.869.530,9 \\ &= \text{Rp. } 2.700.869.531 \text{ (hasil pembulatan)} \end{aligned}$$

4.8. Asumsi Penyusunan Cashflow

Dalam perhitungan penyusunan *cashflow* menggunakan beberapa asumsi sebagai dasar perhitungan. Asumsi yang digunakan tersebut adalah sebagai berikut :

- *Discount rate* sebesar 15%
- *Discount factor* sebesar 25%
- *Load factor* sebesar 0,65
- Umur ekonomis pembangkit sekitar 15 tahun

4.9. Penilaian Investasi

Dalam melakukan penilaian investasi dari suatu proyek, ada beberapa hal yang harus diperhitungkan dan dikaji, diantaranya; 1) *Net Present Value (NPV)*, 2) *Internal Rate of Return (IRR)*, 3) *Benefit Cost Ratio (BCR)* dan 4) *Payback Periode (PP)*

- *Net Present Value (NPV)*
= Rp. 129.885.559.193 – Rp. 67.176.063.858
= **Rp. 62.709.495.336**

- *Internal Rate of Return (IRR)*

Besar *IRR* dapat dihitung sebagai berikut: Berdasarkan perhitungan asumsi dimana nilai i_1 diasumsikan sebesar 20% maka nilai NPV_1 adalah sebesar:

$$\begin{aligned} &20\% \times \text{Rp. } 62.709.495.336 \\ &= \text{Rp. } 12.541.899.067, \end{aligned}$$

dan nilai i_2 diasumsikan sebesar 25% maka nilai NPV_2 adalah sebesar:

$$\begin{aligned} &25\% \times \text{Rp. } 62.709.495.336 \\ &= \text{Rp. } 15.677.373.834 \end{aligned}$$

Maka besar *IRR* adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= \\ &(0,20 \times \text{Rp. } 12.541.899.067 / (\text{Rp. } 12.541.899.067 - \text{Rp. } 15.677.373.834)) \times (0,25 - 0,20) \end{aligned}$$

$$\text{IRR} = 22,22 \%$$

- *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Nilai *BCR* dapat dihitung sebagai berikut:

$$= \text{Rp. } 494.317.239.817,6 / \text{Rp. } 40.089.591.065,15$$

$$\text{BCR} = 12,33$$

- *Payback Periode (PP)*

Nilai *PP* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{PP} &= \\ &\text{Rp. } 40.089.591.065,15 \quad / \quad \text{Rp. } 35.627.122.058,85 \end{aligned}$$

$$\text{PP} = 1,13 \text{ tahun}$$

Tabel 5. Hasil perhitungan evaluasi proyek

No.	Parameter Evaluasi	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan Proyek
1.	<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp. 62.709.495.336	$NPV > 0$
2.	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	22,22 %	$IRR > 0$
3.	<i>Benefit Cost Ratio (BCR)</i>	12,33	$BCR > 0$
4.	<i>Payback Periode (PP)</i>	1,13 tahun	$PP < \text{Umur ekonomis Proyek}$

6. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa data yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. TPA Air Dingin kota Padang memiliki potensi produksi LFG (*Landfil Gas*) sebesar **10.405,76 ton/tahun**
2. Dari produksi gas yang dihasilkan di TPA Air Dingin kota Padang, daya listrik yang bisa dibangkitkan adalah sebesar **3.215,67 kW** sedang energi listrik yang bisa dihasilkan sebesar **28.169.259,47 kWh**.
3. Biaya investasi yang dibutuhkan untuk merealisasikan pendirian pembangkit listrik tenaga sampah di TPA Air Dingin kota Padang diperkirakan sebesar **Rp. 40.089.591.065,-**
4. Dengan menggunakan metode *least cost* hasil perhitungan didapat *NPV* sebesar **Rp. 62.709.495.336** yang berarti proyek ini menguntungkan sesuai dengan kriteria kelayakan proyek $NPV > 0$ dan nilai *IRR* diperoleh sebesar **22,22%**, hal ini juga mengindikasikan bahwa secara perhitungan kelayakan suatu proyek dimana nilai $IRR > 0$. Rasio keuntungan antara biaya yang ditunjukkan oleh *BCR* menunjukkan angka yang positif yaitu **12,33** serta waktu yang dibutuhkan dalam pengembalian modal (*Payback Periode*) menunjukkan waktu yang sangat cepat sekali dan tidak melebihi umur ekonomis dari suatu pembangkit yaitu **1,13 tahun**. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut proyek untuk pembangunan PLTSa di TPA Air Dingin kota Padang dapat direalisasikan karena memenuhi semua kriteria studi kelayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alan Nazlie Haq, Hermawan dan Karnoto,2012, *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin*,Laporan Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [2] Bagus P, Trisaksono,2002, *Pengelolaan Dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan Teknologi Incenerator*,Jurnal Teknologi Lingkungan Vol.3 no.1 hal. 17-23
- [3] Bove, Roberto, & Lunghi, Piero,2006, *Electric Power Generation From Landfill Gas Using Traditional and Innovative Technologies*,Energy Conversion and Management 47: 1391-1401
- [4] British Columbia Ministry of Environment (BC MOE). *Landfill Gas ManagementFacilities Design Guidelines*. March 2010.
- [5] Darmono,2010,*Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam* . Jakarta: UI Press.
- [6] Faizah,2008, *Pengelolaan Sampah Rumah TanggaBerkbasis Masyarakat (Studi Kasus di Kota Yogyakarta)*. Semarang: Skripsi pada Universitas Diponegoro.
- [7] Harian Haluan,2013, *Sampah menggunung di Kota Bengkulu*, dalam <http://www.harianhaluan.com/index.php/haluan-kita/25607-sampah-menggunung-di-kota-bengkulu> (diakses 6 Nopember 2014)
- [8] Herlambang,Arie,2008, *Teknologi Pengolahan Sampah Dan Air Limbah*,JAI Vol.4 No.2
- [9] Hidayati, Nur,2004, *Mengelola Sampah, Mengelola Gaya Hidup*,dalam<http://archive.today/rPbgh> (diakses 6 Nopember 2014)
- [10] Indra Partha,Cokorde Gede,2010, *Penggunaan Sampah Organik Sebagai Pembangkit Listrik Di TPA Suwung-Denpasar*,Teknologi Elektro Vol.9 No.2
- [11] Isvara, Rama Putra, 2013, *Dampak Negatif Sampah yang Tidak Dikelola*, dalam <http://ayodarling.wordpress.com/2013/04/07/dampak-negatif-sampah-yang-tidak-dikelola/> (diakses 6 Nopemembr 2014)
- [12] Iswandu, U,2012, *Kajian Pengelolaan Sampah Di Kota Padang*, e-Jurnal Pelangi STKIP PGRI Sumbar, Vol. 4 no.2, ISSN:2252-7168
- [13] Kementerian Pekerjaan Umum, Dirjen Cipta Karya Satker Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman,2013, *Perencanaan Teknis Pengelolaan Gas Di Landfill TPA Air Dingin Kota Padang*.

- [14] Kuncoro, Kukuh Siwi, 2010, *Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah 10 Mwe di Kota Medan ditinjau dari Aspek Teknis, Ekonomi dan Lingkungan*, Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [15] Martono, Djoko Heru, 2006, *Teknologi Pemanfaatan Gas Dari TPA*, Pengkajian Teknik Lingkungan BPPT.
- [16] Monice, & Syafii, 2013, *Operasi Ekonomis (Economic Dispatch) Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Dan (PLTG) Dalam Melayani Beban Puncak Kelistrikan Sumbar*, Online Jurnal Teknik Elektro, Volume 2
- [17] Mujahidah, Mappiratu, & Sikannas, Rismawaty, 2013, *Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga*, Online Jurnal of Natural Science Vol.2 no.1 hal. 25-34 ISSN:2338-0950
- [18] Oonk H., 2010, *Literature Review: Methane From Landfill Methods To Quantify Generation, Oxidation And Emission*, OonkAY!, Apeldoorn, the Netherlands
- [19] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 81 Tahun 2012, *Tentang Pengelolaan Sampah*
- [20] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 19 Tahun 2013, *Tentang Pembelian Tenaga Listrik oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) dari Pembangkit Berbasis Sampah Kota*
- [21] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 3 Tahun 2013, *Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*
- [22] Purwaningsih, Murni Rahayu, 2012, *Analisis Biaya Manfaat Sosial Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Gedebage Bagi Masyarakat Sekitar*, Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Vol.23 no. 3 halaman 225-240.
- [23] PT. Addni Technology, *Incenerator*, dalam <http://addnitech.com/product.php?id=1#bottom> (diakses 6 Nopember 2014)
- [24] Rachmad Ikhsan & Syukriyadin, 2014, *Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Kota Banda Aceh*, Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2014 hal. 146-151 ISSN: 2088-9984
- [25] Ramakrishna, V., & Babu, B.V, *Energy Recovery From Urban Solid Wasted-A Case Study*, Indiana, Birla Institute of Technology & Science
- [26] Undang-Undang Republik Indonesia nomor 18 Tahun 2008, *Tentang Pengelolaan Sampah*
- [27] WALHI, 2004, *The Indonesian Forum for Environment - Friends of the Earth Indonesia* dalam <http://www.eng.walhi.or.id> (diakses 6 Nopember 2014)
- [28] Wikipedia, *Ensiklopedia Bebas, Kota Padang*, dalam http://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Padang (diakses 6 Nopember 2014)
- [29] Zamorano, Montserrat., et all, 2007, *Study of The Energy Potential of Biogas Produced by An Urban Waste Landfill in Southern Spain*, *Renewable and Sustainable Energy Review* 11: 909-922

Biodata Penulis

Nofri Dodi, Lahir di Padang pada tahun 1979. Menempuh pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Ekasakti Padang pada tahun 1998 dan selesai pada tahun 2003. Tahun 2000-2009 aktif sebagai Teknisi di Laboratorium Pengukuran dan Laboratorium Dasar Elektronika Jurusan Teknik Elektro Unand. Saat ini tengah menempuh pendidikan jenjang Magister Teknik Elektro Universitas Andalas Padang.

Syafii, Lahir di Lhokseumawe, Aceh pada tahun 1974. Pada tahun 1998 diterima sebagai Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro Unand. Tahun 2011 telah menyelesaikan program Doktor di Universiti Teknologi Malaysia. Saat ini menjadi Koordinator Prodi Magister Teknik Elektro Universitas Andalas Padang.

Slamet Raharjo, Lahir di Jayapura, Irian Jaya pada tahun 1975. Pada tahun 2005 diterima sebagai Staf Pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan Unand. Tahun 2011 telah menyelesaikan program Doktor di Nagoya University Jepang. Saat ini menjadi Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang.