

Forecasting Potensi Energi Gas Metana menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) pada TPA Manggar kota Balikpapan

Vicky Andria Kusuma
Program Studi Teknik Elektro
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia
vickyandria@lecturer.itk.ac.id

Barokatun Hasanah
Program Studi Teknik Elektro
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia
barokatun.hasanah@lecturer.itk.ac.id

Slamet
Program Studi Teknik Elektro
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia
04161072@student.itk.ac.id

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) memiliki kelebihan dalam ketersediaan bahan bakar yaitu sampah, sehingga biaya untuk bahan bakar pembangkit menjadi lebih murah. Selain itu dengan mengelola sampah menjadi energi listrik akan mendapatkan dua manfaat yaitu pasokan listrik bertambah dan kebersihan kota. Dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) ini menggunakan metode sanitary landfill untuk mengolah sampah menjadi gas metana dan selanjutnya akan diubah menjadi energi listrik. Pada penelitian ini penulis menggunakan perhitungan gas metana dengan menggunakan model U.S Environmental Protection Agency,s (EPA) dan menunjukkan bahwa gas metana yang dihasilkan pada TPA Manggar Kota Balikpapan mencapai nilai 9.218.449,07 m³ pada tahun 2020 dan energi listrik yang dihasilkan adalah 102.970.076,17 kWh pada tahun 2020. Untuk biaya investasi dari pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) yaitu Rp. 12.782.188.694 dan biaya operasi dan pemeliharaan adalah Rp. 52.953.706.790. Adapun perkiraan penerimaan biaya yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 164.546.181.711,91 dan untuk perkiraan manfaat bersih yang dihasilkan adalah Rp. 111.592.474.922 serta perkiraan depresiasi adalah Rp. 16.454.618.171,19. Dan untuk perhitungan ekonomi teknik yang didapatkan untuk Net Present Value adalah sebesar Rp. 7.803.864.099.433, untuk nilai Internal Rate of Return adalah sebesar 19%, untuk Benefit Cost Ratio adalah sebesar 119,72 serta untuk nilai Payback Periode adalah sebesar 0,4 Tahun.

Kata kunci— Ekonomi Teknik; Metana ; Sampah ; *Sanitary Landfill*.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik juga suatu kebutuhan yang dibutuhkan dalam aspek kehidupan sehari-hari, semakin bertambahnya populasi manusia maka kebutuhan yang ingin dipenuhi akan semakin banyak. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sumber listrik di Indonesia, diantaranya ketersediaan primer, harga dari bahan bakar yang tidak konstan, perkembangan teknologi dan pengaruh dari budaya masyarakat. Sekarang Perusahaan Listrik Negara (PLN) berusaha untuk meningkatkan jumlah energi listrik diantaranya adalah peningkatan pembangunan pembangkit baru, pembelian listrik dari swasta, pembelian listrik dari negara tetangga dan sistem sewa pembangkit melalui pihak ketiga, sering kali pertumbuhan dari beban tidak mampu diimbangi melalui penambahan pembangkit baru yang dapat menimbulkan krisis energi listrik [7].

Pemanfaatan dari energi yang habis secara berlebihan dapat terjadi krisis energi dan sumber energi tersebut dapat habis, kekurangan pada energi tak terbarukan misalnya fosil adalah harga fosil yang semakin tinggi dari seiring bertambahnya populasi manusia. Selain itu energi fosil dapat dianggap tidak bersahabat pada lingkungan sekitar, hasil pembakaran bahan bakar ini sangat mencemari lingkungan.

Salah satu dari sumber energi terbarukan (renewable energy) adalah sampah. Sejak dulu sampah selalu menjadi masalah yang lazim pada wilayah perkotaan. Secara umum dari tata kelola sampah ialah memindahkan sampah dari tempat penampungan sementara (TPS) ke tempat penampungan akhir (TPA). Perkembangan dari teknologi yang semakin maju dapat memberikan solusi alternatif bagi pengolahan sampah menjadi suatu sumber energi [11].

Sampah merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan yang dapat berwujud padat berupa zat organik maupun anorganik yang memiliki sifat dapat terurai maupun tidak dapat terurai. Sampah dianggap tidak berguna lagi sehingga harus dibuang ke lingkungan. Sedangkan dari pencemaran lingkungan sendiri, dimasukkannya dari makhluk hidup, zat, energi dan suatu komponen lain kedalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas dari lingkungan ini turun ke titik tertentu yang dapat menyebabkan lingkungan jadi kurang berfungsi sesuai dengan peruntukannya [15].

Penelitian sebelumnya [11], bahwa Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin ini menerapkan teknologi landfill, teknologi dari pemanfaatan gas metana (CH₄) yang diperoleh hasil dari dekomposisi sampah organik pada landfill area yang tersedia. Teknologi ini tidak menggunakan mekanisme pembakaran dan merupakan teknologi secara biologis [23].

Sistem sanitary landfill adalah pengolahan sampah dengan mendisain agar air yang terkandung pada sampah (air lindi) tidak sampai kedalam tanah. Di Tempat Pemungutan Akhir, sampah ini mengalami dekomposisi melalui mikroba yang mengakibatkan perubahan fisik – kimia – biologis seperti menghasilkan air lindi. Gas landfill dari terkumpulnya proses fermentasi anaerobic pada bahan organik akan meningkatkan suhu disekitar TPA. Gas ini menimbulkan bau tidak sedap

bahkan bisa memicu terjadinya ledakan. Namun, jika Gas Metana di gas landfill dapat dikelola dengan baik, maka memberikan keuntungan misalnya mengurangi efek rumah kaca dan kerusakan lingkungan bahkan bisa dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).

II. METODOLOGI

A. Definisi Sampah

Sampah adalah semua bentuk limbah yang berbentuk padat dan berasal dari kegiatan manusia dan hewan lalu dibuang karena tidak bermanfaat dan tidak diinginkan lagi [4].

Sampah merupakan sisa dari suatu usaha atau kegiatan manusia yang berwujud padat seperti zat organik maupun anorganik yang bersifat dapat terurai maupun tidak dapat terurai sehingga dibuang ke lingkungan [15].

B. Landfill Gas

Landfill Gas atau LFG adalah gas yang dihasilkan oleh mikroba pada saat bahan organik mengalami proses fermentasi dalam suatu keadaan anaerobic yang sesuai baik dari segi suhu, kelembaban, dan keasaman. LFG dapat terjadi akibat penguraian material organik yang terdapat pada tempat pembuangan akhir. Sebagian besar dari kandungan gas landfill adalah metana dan karbon dioksida [17].

Tabel 1. Presentasi Gas Penyusun LFG [18]

NO	Gas Penyusun LFG	Rumus Kimia	Presentase Kandungan
1	Metana	CH ₄	40 – 60 %
2	Karbon dioksida	CO ₂	25 – 50 %
3	Nitrogen	N ₂	3 – 15%
4	Oksigen	O ₂	0 – 4%
5	Hidrogen	H ₂	0 – 1 %
6	Argon	Ar	0 – 4%
7	Hydrogen sulphide	H ₂ S	0-200 ppm
8	Clorine	Cl	0-200 ppm
9	Fluerine	F	0-200 ppm

C. Potensi Landfill Gas

Potensi LFG ini menguntungkan di mana gas metana yang ada dalam LFG sebesar 50%. Perhitungan potensi landfill gas ini dihasilkan pada suatu sanitary landfill dihitung menggunakan model U.S Environmental Protection Agency,s (EPA) digunakan di berbagai skenario sanitary landfill amerika serikat. Perhitungan dari potensi landfill Gas dapat dilihat pada [1],

$$Qt = 2 \times Lo \times Mo \times (e^{kta} - 1) \times e^{-kt} \quad (1)$$

Dimana ;

Qt = Potensi Gas Landfill (m^3)

Lo = Konstanta Rata-Rata Gas Metana (m^3)

Mo = Jumlah Sampah yang diterima (Ton/Tahun)

k = Umur TPA

ta = Umur dari Landfill

Menurut dari EPA, efisiensi dari pengumpulan tempat pembuangan akhir berkisar antara 60 sampai 95%, dengan rata-rata 75% paling besar. Perkiraan efisiensi pada pengumpulan situs dari sistem pengumpulan dan pengendalian gas operasi dapat didasarkan pada informasi mengenai kondisi saat ini. Perhitungan mencari efisiensi pengumpulan gas yang dapat menangkap LFG yang dihasilkan oleh sampah seperti sebagai berikut [15],

$$\text{Gas yang dihasilkan} = 75\% \times Qt \quad (2)$$

Kandungan pada gas tersebut terdiri dari beberapa gas lain, seperti gas Metana (CH₄), karbon dioksida CO₂, karbon monoksida (CO), Hidrogen Sulfida (H₂S), amoniak(NH₃), Nitrogen (N₂), Dan Oksigen (O₂). Dari jumlah di gas metana dengan persentase 45-60 % landfill memiliki jumlah gas metan 50% sebagai rata-rata yang disarankan EPA,

$$\text{Gas Metana} = 50\% \times \text{Recoverable} \quad (3)$$

Dalam hal melakukan perhitungan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh gas metana didapatkan perhitungan sebagai berikut,

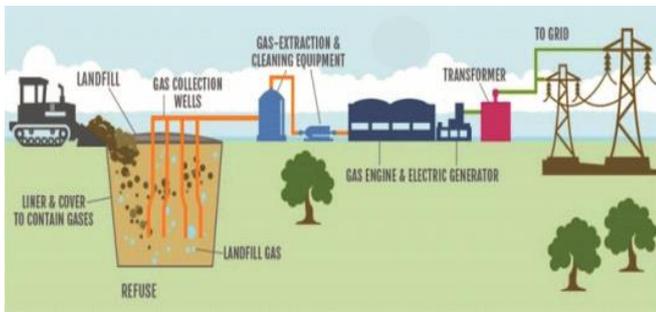
$$\text{Jumlah Listrik} = \text{Gas Metana} \times 11,17 \text{ kWh} \quad (4)$$

Di mana, konversi dari energi gas metana menjadi energi listrik dapat didasarkan oleh potensi panas yang dimiliki 1 Kg gas metana yang setara dengan 6,13 x 10⁷J, dan 1 kWh listrik setara dengan 3,6 x 10⁶J, 1 m³ gas metana setara dengan 11,17 kWh.

D. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Pembangkit listrik adalah suatu alat yang mengubah energi mekanikal menjadi energi listrik, biasanya terdiri dari Turbin dan Generator. Turbin sebagai alat yang memutar rotor dari Generator, sehingga menghasilkan energi listrik dari putaran rotor. Sistem pembangkit tenaga listrik dapat mengubah energi alam menjadi mekanik dan energi listrik dapat dikategorikan sesuai bahan bakar yang digunakannya. Ada jenis pembangkit listrik, diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan lain-lain [16].

Jenis dari pembangkit listrik diatas dibedakan berdasarkan bahan baku untuk menggerakkan generator maupun turbin [22]. Oleh karena itu, setiap jenis pembangkit dinamakan sesuai jenis bahan baku yang digunakan seperti bahan bakar fosil maupun energi terbarukan [21]. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah, berbeda dengan jenis pembangkit lain adalah penggunaan gas. Di mana, gas dari sampah mengalami penguraian secara alami melalui proses anaerobic. Gas ini dimiliki oleh setiap sampah jenis organik. Sehingga pembangkit ini memiliki nama pembangkit listrik tenaga sampah [16].



Gambar 1. Proses Pembangkit Listrik Tenaga Sampah [6]

PLTSA ini merupakan pembangkit yang menggunakan gas berasal dari landill hasil dekomposisi sampah, kemudian dimanfaatkan gas metana didalamnya sebagai bahan bakar generator, yang digunakan untuk menghasilkan listrik.

E. Ekonomi Teknik

Merupakan ilmu pengetahuan yang digunakan untuk melakukan penilaian atau evaluasi secara sistematis. Menurut Radiks Purba (2000), rencana pembangunan atau rehabilitasi atau perluasan suatu proyek, perlu dilakukan penelitian (survey) dan penilaian (aprisial) sebelum meningkat kepada pelaksanaan pembangunan proyek yang ada. Penelitian dan penilaian dapat ditujukan untuk memperoleh jawaban atas pertanyaan. Apakah proyek ini akan memberikan keuntungan, atau apakah proyek ini malah bermanfaat terhadap ekonomi nasional dan pembangunan bangsa, khususnya bagi penyedia lapangan kerja [24].

Jika penelitian dan penilaian dapat menunjukkan manfaat yang positif, berarti manfaat ini akan diperoleh dikemudian hari melebihi dari biaya operasional dan investasi, dan dapat dilanjutkan pada tahap pembangunan [25]. Sehingga didapatkan kesimpulan apakah teknologi baru ini layak untuk diaplikasikan atau tidak. Secara umum perhitungan dari nilai ekonomi mencakup beberapa parameter yaitu,

1. Net Present Value (NPV)

NPV adalah salah satu metode yang dipertimbangkan. Hal ini karena NPV dilakukan untuk dapat mengetahui semua aliran kas pada masa mendatang (sesuai dengan umur ekonomis proyek), ke dalam nilai uang yang di masa saat ini (present value). Asumsi present merupakan penjelasan waktu awal perhitungan bertepatan dari saat evaluasi dilakukan atau periode tahun ke nol (0) [11].

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t} - COF \quad (5)$$

Di mana :

CIF = Cash In Flow
COF = Cash Out Flow
t = Waktu

2. Internal Rate of Return (IRR)

IRR merupakan besarnya tingkat keuntungan yang dapat digunakan melunasi jumlah uang yang dipinjam sehingga tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR dapat ditunjukkan dalam

bentuk % periode dan biasanya bernilai positif ($I > 0$) [11]. Untuk menghitung IRR menggunakan persamaan,

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_1 - i_2) \quad (6)$$

Di mana :

NPV_1 = Net Present Value Tingkat Bunga Pertama

NPV_2 = Net Present Value Tingkat Bunga Kedua

i_1 = Bunga Pertama

i_2 = Bunga Kedua

3. Benefit and Cost Ratio (B/C Ratio)

Analisis manfaat-biaya merupakan salah satu teknik yang bisa digunakan untuk menganalisis suatu proyek dari segi ekonomi. Analisis manfaat-biaya merupakan analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui besaran keuntungan atau kerugian dan kelayakan suatu proyek. Penelitian *Benefit-cost* ini digunakan untuk menggambarkan manfaat yang diperoleh dari pelaksanaan dan biaya untuk suatu program atau proyek. Dalam analisis *cost-Benefit* perhitungan dari manfaat serta biaya ini adalah suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Penerapan analisis *Benefit-cost* sering digunakan oleh para investor dalam upaya untuk mengembangkan bisnisnya, dan dilakukan dalam bidang pengembangan ekonomi digunakan pemerintah untuk menentukan kelayakan pengembangan pada suatu proyek [12].

$$BCR = \frac{\sum_1^n CIF_t}{Investment Cost} \quad (7)$$

Di mana :

CIF = Cash In Flow

t = Waktu

4. Payback Period (PP)

Payback Periode merupakan lama waktu yang diperlukan untuk dapat mengembalikan dana investasi [1] PP dirumuskan dalam persamaan berikut,

$$PP = \frac{Biaya Investasi}{Annual CIF} \quad (8)$$

III. HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini membahas mengenai potensi gas metana, potensi energi listrik dan analisis ekonomi teknik pada perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah di TPA Manggar Kota Balikpapan.

A. Estimasi Potensi Gas Metana dan Energi Listrik

Dalam perhitungan estimasi dan produksi gas metan pada TPA Manggar Kota Balikpapan dibutuhkan beberapa data utama dan pendukung yaitu, jumlah sampah, komposisi beserta penggolongan sampah di TPA Manggar Kota Balikpapan, konstanta pembangkitan metana, potensi pembangkitan metan, dan lama penimbunan sampah di TPA. Data sampah dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan.

Tabel 2. Estimasi Jumlah Sampah TPA Manggar Kota Balikpapan

Tahun	Jumlah Sampah (Ton)
2015	135.252,47
2016	130.671,63
2017	128.932,60
2018	127.100,78
2019	130.341,92
2020	231.295,14
2021	244.387,38
2022	259.661,68
2023	272.754,24
2024	288.082,19

Estimasi potensi gas yang dihasilkan landfill (LFG), diperlukan suatu nilai K (konstanta rata-rata metan yang dihasilkan). Nilai K ini diperlukan konstanta masing-masing jenis sampah dalam mengalami pembusukan yang dapat menghasilkan LFG. Semakin besar dari bobotnya mengidentifikasi bahwa sampah jenis tersebut dapat mengalami proses pembusukan yang cepat, sehingga bisa menghasilkan LFG dengan cepat. Komposisi ini mempengaruhi berapa besar jumlah LFG yang akan dihasilkan setiap tahunnya. Komposisi yang ada di TPA Manggar Kota Balikpapan sesuai dengan data yang didapatkan, komposisi organik jauh lebih banyak daripada komposisi sampah anorganik. Berikut merupakan perhitungan nilai K dari komposisi sampah TPA Manggar Kota Balikpapan memperlihatkan bahwa nilai K yang dihasilkan TPA Sambutan pada komposisi sampah 59,4% organik (mudah terurai), 14,23% sampah dalam karakteristik Medium Decay (cukup terurai), dan 26,38 % sampah dalam karakteristik Slow Decay (susah terurai).

Tabel 3. Perhitungan Nilai K

Karakteristik	Angka	Bobot	Nilai K
Organic	0,594	0,4	0,2376
Medium Decay	0,1423	0,08	0,011384
Slow Decay	0,2638	0,02	0,005276
Total			0,25426

Perhitungan dari potensi jumlah gas yang dihasilkan pada suatu Sanitary Landfill dapat dihitung menggunakan model U.S Environmental Protection Agency's (EPA) ini digunakan dalam berbagai skenario Sanitary Landfill di Amerika Serikat. Perhitungan jumlah gas yang dapat dihasilkan menggunakan persamaan (1),

Tabel 4. Potensi Gas yang dihasilkan TPA Manggar Kota Balikpapan/Tahun

Tahun	Potensi Landfill (m ³ /tahun)
2015	4.118.638,26
2016	7.067.327,57
2017	9.338.090,32
2018	11.014.659,36
2019	12.735.482,81
2020	24.582.530,87
2021	27.600.173,90

Tahun	Potensi Landfill (m ³ /tahun)
2022	30.666.133,34
2023	33.305.534,31
2024	36.066.514,79

Setelah didapatkan potensi gas yang didapatkan selanjutnya adalah dengan menggunakan persamaan (2) sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut,

Tabel 5. Recoverable Gas/Tahun

Tahun	Recoverable Gas (m ³ /tahun)
2015	3.088.978,70
2016	5.300.495,67
2017	7.003.567,74
2018	8.260.994,52
2019	9.551.612,11
2020	18.436.898,15
2021	20.700.130,43
2022	22.999.600,00
2023	24.979.150,73
2024	27.049.886,09

Setelah didapatkan hasil perhitungan dari nilai *recoverable* gas selanjutnya dengan menggunakan persamaan (3) sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut,

Tabel 6. Jumlah Potensi Gas Metana pada TPA Manggar Kota Balikpapan/Tahun

Tahun	Gas Metana m ³ /tahun
2015	1.544.489,35
2016	2.650.247,84
2017	3.501.783,87
2018	4.130.497,26
2019	4.775.806,05
2020	9.218.449,07
2021	10.350.065,21
2022	11.499.800,00
2023	12.489.575,36
2024	13.524.943,04

Setelah didapatkan hasil perhitungan jumlah potensi gas metana selanjutnya dengan menggunakan persamaan (4) maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut,

Tabel 7. Estimasi Potensi Energi Listrik/Tahun

Tahun	Jumlah Listrik (kWh)	Daya (kW)
2015	17.251.946,03	1.969,40
2016	29.603.268,34	3.379,37
2017	39.114.925,83	4.465,17
2018	46.137.654,38	5.266,86
2019	53.345.753,63	6.089,70
2020	102.970.076,17	11.754,57
2021	115.610.228,43	13.197,51
2022	128.452.766,01	14.663,56
2023	139.508.556,82	15.925,63
2024	151.073.613,81	17.245,85

B. Analisis Ekonomi Teknik

Pada pembahasan ini penulis akan melakukan perhitungan biaya investasi, operasi dan pemeliharaan, dan perhitungan ekonomi teknik lainnya sebagai penentu kelayakan sebuah proyek.

1. Biaya Investasi

Pada biaya investasi pada studi perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah TPA Manggar Kota Balikpapan penulis melakukan biaya proyeksi investasi sebagai berikut,

2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Pada biaya operasional dan pemeliharaan perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah TPA Manggar Kota Balikpapan adalah sebagai berikut,

Tabel 8. Biaya Investasi

Nama Komponen	Jumlah	Satuan	Harga(Rp)	Total Harga (Rp)
Collection System	41	Acre	353.280	14.484.480
System Kondensator	1	Unit	1.593.882	1.593.882
Blower	41	Unit	15.041.000	616.681.000
Gas Engine	1	Unit	4.950.332	4.950.332
Capping dan Instalasi	165.000	m ²	73.600	12.144.000.000
Kabel NYM	1	Rol	479.000	60.000.000
Total				12.782.188.694

Tabel 9. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Nama	Jumlah	Satuan	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
Collection System	41	Unit	23.390.080	958.993.280
System Kondensator	1	Unit	467.814.848	467.814.848
Blower	41	Unit	55.340.576	2.268.963.616
Gas Engine Operator dan staff pemeliharaan	11.754,57	kW	4.121.600	48.447.635.712
	22	Orang	3.069.316	810.299.334
Total (Rp)				52.953.706.790

3. 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, di mana 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. Penulis

menggunakan untuk tegangan rendah sehingga estimasi penerimaan pada tahun 2020 adalah sebesar

$$\begin{aligned} \text{Penerimaan} &= \text{Rp. } 1.598 \times 11.754,57 \text{ kW} \times 8760 \text{ Jam} \\ \text{Penerimaan} &= \text{Rp. } 164.546.181.711,19 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Perkiraan Manfaat Bersih

Setelah didapatkan hasil perhitungan penerimaan biaya dari PLN dan juga nilai investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan dari sebuah proyek penulis melakukan perhitungan perkiraan manfaat bersih dari Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di TPA Manggar Kota Balikpapan dengan cara mengurangi nilai dari penerimaan dengan nilai operasional dan pemeliharaan sehingga didapatkan hasil dari nilai manfaat bersih sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Manfaat Bersih} &= \\ &\text{Rp. } 164.546.181.711,19 - \text{Rp. } 52.953.706.790 \\ \text{Manfaat Bersih} &= \text{Rp. } 111.592.474.922 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Perkiraan Depresiasi

Umur ekonomis suatu pembangkitan potensi energi yang ada pada sampah TPA Manggar Kota Balikpapan jika dibangun pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) diprediksi sekitar 10 tahun. Pada akhir umur pembangkit diprediksi jika nilai residu dari peralatan dan bangunan tersebut sekitar 10% dari harga perolehannya. Perhitungan nilai residu sebesar,

$$\begin{aligned} \text{Residu} &= 10\% \times \text{Penerimaan} \\ \text{Residu} &= \text{Rp. } 14.809.156.354,07 \end{aligned}$$

6. Net Present Value

Untuk mencari nilai dari pengeluaran dan pemasukan agar mengetahui nilai investasi yang akan kita gunakan akan berhasil atau tidak dengan menggunakan persamaan (5) *Net Present Value* dapat dihitung sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Net Present Value} &= \\ &\left(\frac{\text{Rp. } 164.546.181.711,91}{(1+15\%)^1} + \frac{\text{Rp. } 164.546.181.711,91}{(1+15\%)^2} \dots + \right. \\ &\left. \frac{\text{Rp. } 164.546.181.711,91}{(1+15\%)^{10}} \right) - \text{Rp. } 65.735.895.484 \end{aligned}$$

$$\text{Net Present Value} = \text{Rp. } 7.803.864.099.433$$

7. Internal Rate of Return (IRR)

Besarnya IRR ini dapat dihitung sebagai berikut, berdasarkan perhitungan asumsi yang mana nilai i_1 diasumsikan sebesar 20% maka nilai dari NPV_1 adalah sebesar,

$$NPV_1 = 20\% \times NPV$$

$$NPV_1 = \text{Rp. } 1.560.772.819.887$$

dan nilai dari i_2 diasumsikan sebesar 25% maka nilai dari NPV_2 adalah sebesar,

$$NPV_2 = 25\% \times NPV$$

$$NPV_2 = \text{Rp. } 1.950.966.024.858$$

maka besar dari IRR dengan menggunakan persamaan (6) adalah sebagai berikut,

$$IRR = (0,20 + \left(\frac{Rp. 1.560.772.819.887}{Rp. 1.560.772.819.887 - Rp. 1.950.966.024.858} \right) \times (0,25 - 0,20))$$

$$IRR = 0,19$$

$$IRR = 19\%$$

8. Benefit Cost Ratio

Dengan menggunakan persamaan (7) maka didapatkan perhitungan untuk *Benefit Cost Ratio* adalah sebesar

$$Benefit Cost Ratio = \frac{Rp. 7.869.599.994.917}{Rp. 65.735.895.484}$$

$$Benefit Cost Ratio = 119,72$$

9. Payback Periode

Dengan menggunakan persamaan (8) maka nilai dari Payback Periode adalah sebesar,

$$PP = \frac{Rp. 65.735.895.484}{Rp. 164.546.181.711,91}$$

$$= 0,4 \text{ Tahun}$$

Tabel 10. Hasil Evaluasi Perencanaan PLTSa TPA Manggar Kota Balikpapan

No	Parameter Evaluasi	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan Proyek
1	NPV	Rp. 7.803.864.099.433	NPV > 0
2	IRR	19%	IRR > 0
3	BCR	119,72	BCR > 0
4	PP	0,4 Tahun	PP < Umur Ekonomis Proyek

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah berlokasi pada TPA Manggar Kota Balikpapan dengan sistem *sanitary landfill*. Di mana jumlah data sampah yang didapatkan pada TPA Manggar Kota Balikpapan pada tahun 2015 adalah sebesar 135.252,47 ton, pada tahun 2016 adalah sebesar 130.671,63 ton, pada tahun 2017 adalah sebesar 128.932,60 ton, pada tahun 2018 adalah sebesar 127.100,78 ton, dan pada tahun 2019 adalah sebesar 130.341,92 ton. Dalam penelitian ini juga penulis memproyeksikan untuk lima tahun kedepan dimana pada tahun 2020 adalah sebesar 231.295,14 ton dan akan terus meningkat sampai tahun 2024 sebesar 288.082,19 ton. Jumlah komposisi sampah yang ada pada TPA Manggar Kota Balikpapan adalah sebesar 59,4% untuk sampah *organic*, 14,23% untuk sampah *Medium Decay*, dan 26,38% untuk sampah *Slow Decay*. Dimana dalam perhitungan gas metana ini menggunakan model U.S Environmental Protection Agency,s (EPA) dan didapatkan jumlah potensi gas metana pada tahun 2015 adalah sebesar 1.544.489,35 m³ dan akan terus meningkat sampai tahun 2024 sebesar 13.524.943,04 m³.

Sehingga dengan melakukan konversi energi ke energi listrik didapatkan pada tahun 2015 adalah sebesar 1.969.40 kW dan akan terus meningkat hingga 2024 sebesar 17.245,85 kW. Dalam perhitungan ekonomi teknik di mana hasil kriteria kelayakan sebuah proyek data yang didapatkan semua dapat dijalankan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan yang sudah mengizinkan penulis untuk melaksanakan penelitian di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kota Balikpapan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung Tri Prasetyo, Didik Notoesdono, dan Waryani. 2016. Studi Evaluasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Bantargebang.
- [2] Artiningsih, Ni Komang Ayu. (2008). Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga. Semarang : UNDIP Press.
- [3] Badan Pusat Statistik, 2010. Data Statistik Indonesia. Jumlah Penduduk menurut Kelompok Umur, Jenis Kelamin, Provinsi, dan Kabupaten/Kota, 2005.
- [4] Christiawan, Putu Indra, I Putu Ananda Citra. (2016). Studi Timbulan sampah dan komposisi sampah perkotaan di Kelurahan Banyuning. Jurnal Universitas Pendidikan Ganesha, Vol. 17, Nomor 2, Desember 2016. ISSN 0216-8138.
- [5] EPA, 2020c. Landfill Gas Energy Project Development Handbook. Landfill Methane Outreach. Program (LMOP), Climate Change Division, U.S. EPA. March 2020.
- [6] <https://www.ettespower.com/Landfill-Gas-Generator.html>
- [7] Faruq Ibnu Uray. 2016. Studi Potensi Limbah Kota Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Kota Singkawang.
- [8] Gonen, Turan, (2014), 3rd Edition Electric Power Distribution Engineering, CRC Press, Boca Raton.
- [9] Ismoyo, Imam Hendargo. (1994). Kamus Kesehatan Lingkungan. Jakarta : PT Bina Rena Pariwara.
- [10] Krakow. 2010. Landfill Gas Energy Technologies. Institut Nafty I Gazu
- [11] Nazlie Haq. Alan.2012. Studi Potensi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin.
- [12] Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2012 Tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik Oleh PT. PLN (Persero) Dari Pembangkit Tenaga Listrik Yang Menggunakan Energi Baru Terbarukan Skala Kecil Dan Menengah Atau Kelebihan Tenaga Listrik.
- [13] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2013, Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga.
- [14] Sujarwo, Widyaningsih, dan Trisanti. (2014). *Pengelolaan Sampah Organik dan Anorganik*. Yogyakarta.
- [15] Sunu, Pramudya. (2000). Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001. Jakarta: Gramedia
- [16] Syarifudin.(2012). "Analisis Manfaat Dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Untuk Desa Terpencil Di Indragiri Hilir (Studi Kasus: TPA Sei Beringin", Jurusan Teknik Elektro., Universitas Indonesia., Depok.
- [17] S. Mannfredi, D. Tonini, and T. H. Christensen, (2009), "Landfilling of Waste: Accounting of Greenhouse Gases And Global Warming Contributions," Journal of Urban Climate, March, pp. 825–836.
- [18] V. P. Garcilasso, S. M. S. G. Velázquez, S. T. Coelho, and L. S. Silva, (2011). "Electric energi generation from *landfill* biogas - Case study and barriers," Int. Conf. Electr. Control Eng. ICECE 2011 - Proc., pp. 5250–5253. 2011.

- [19] Zietsmen, Josias. 2009. Pre-Feasibility Analysis For The Conversion Of Landfill Gas To Liquefied Natural Gas To Fuel Refuse Trucks In India. Texas: Texas Transportation Institute.
- [20] Zuhail, (1977), Dasar Tenaga Listrik, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [21] Multazam, T., Syukri, M., dan Prasetyo, Yuli, (2018) ,“Estimasi Potensi Pembangkit Listrik Mikrohydro Pada Bendungan Beuracan”, Jurnal Geuthee, Vol. 01, No. 02, pp 156-163.
- [22] Y. Prasetyo and N. A. Hidayatullah, “Analisa Karakteristik Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Helius,” JEECAE J. Electr. Electron. Control Automot. Eng., vol. 4, no. 1, pp. 241–244, May 2019, doi: 10.32486/jeecae.v4i1.325.
- [23] Y. Prasetyo, B. Triyono, H. Kusbandono, A. Tranggono, and A. Salim, “Optimization of Solar Panel Output Using Smart Relay,” vol. 5, no. 4, pp. 78–80, 2020.
- [24] B. Triyono and Y. Prasetyo, “Renewable Energy Multi Inputs In Dc Bus System Using Buck Boost Converter.” [Online]. Available: <http://www.journal.geutheeinstitute.com>.
- [25] Y. Prasetyo, B. Triyono, and A. Choirul Arifin, “Optimalisasi Daya Output Dual Axis Solar Tracker Dengan Metode Umbrella System,” J. Geuthee Penelit. Multidisiplin, vol. 02, no. 02, pp. 267–274, 2019.