

# Kajian Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan *Software LandGEM* TPA Kebon Kongok Gerung Lombok Barat

Komang Bagus Khrina Mukti<sup>1</sup>, Abdul Natsir<sup>1</sup>, Agung Budi Muljono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

## ARTICLE INFO

### Article history :

Received January 15, 2022

Revised February 7, 2022

Accepted February 21, 2022

### Keywords :

*LandGEM*;  
Waste Power Plant;  
Gas potential;  
Investment;  
Project evaluation.

## ABSTRACT

*The fulfillment of electrical energy currently still depends on the use of fossil energy, especially in Indonesia. Utilization of urban waste is one of the national priorities in the new and renewable energy sector. The study reviews the technical and economic aspects of the study of a waste power plant located at the Kebon Kongok Landfill. The technical aspect is to determine the power capacity of the waste power plant using LandGEM software and economic methods for investment evaluation. The results showed that the Kebon Kongok TPA has the potential for Landfill Gas (LFG) production of 7,100,769.959 m<sup>3</sup>/year. The power capacity of the Kebon Kongok PLTSa is 8,875.96 kW, the electrical energy that can be generated is 64,226,464.28 kWh per year. From the economic aspect, the investment cost for the Kebon Kongok waste power plant is Rp. 997,779,793,920,-. NPV = Rp. 435,227,788,872.53, PP = 7.6 years, BCR = 1.33, and IRR = 4.27%. Thus, the potential for waste in the Kebon Kongok Landfill is feasible to be realized as a waste power plant.*

Pemenuhan energi listrik saat ini masih tergantung terhadap pemakaian energi fosil, khususnya di Indonesia. Pemanfaatan sampah perkotaan merupakan salah satu dari prioritas nasional bidang energi baru dan terbarukan. Penelitian meninjau aspek teknis dan ekonomis studi pembangkit listrik tenaga sampah yang berlokasi di TPA Kebon Kongok. Aspek teknis dengan menentukan kapasitas daya Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) menggunakan *software LandGEM* dan metode ekonomi untuk evaluasi investasi. Hasil penelitian menunjukkan TPA Kebon Kongok memiliki potensi produksi *Landfill Gas* (LFG) sebesar 7.100.769,959 m<sup>3</sup>/tahun. Kapasitas daya PLTSa Kebon Kongok sebesar 8.875,96 kW, energi listrik yang dapat dihasilkan sebesar 64.226.464,28 kWh per tahun. Dari aspek ekonomi diperoleh biaya investasi untuk PLTSa Kebon Kongok sebesar Rp. 997.779.793.920,-. NPV = Rp. 435.227.788.872,53,-, PP = 7,6 tahun, BCR = 1,33, dan IRR = 4,27%. Dengan demikian, potensi sampah di TPA Kebon Kongok layak untuk diwujudkan sebagai PLTSa.

## Corresponding Author:

Komang Bagus Khrina Mukti, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia  
Email: [khrs.murti@gmail.com](mailto:khrs.murti@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Energi fosil sampai saat ini masih dominan digunakan sebagai pemenuhan konsumsi energi, di Indonesia khususnya pulau Lombok sumber daya utama sebagai sumber energi masih bergantung pada energi fosil. Untuk mengatasi hal tersebut, pemerintah Indonesia berupaya untuk meningkatkan pemanfaatan energi non-fosil berupa energi baru dan terbarukan (EBT). Sebagaimana tertuang dalam agenda riset nasional 2020-2024, yang berisi untuk menjawab tantangan 23% energi baru dan terbarukan pada bauran energi Nasional 2025.

Salah satu dari prioritas nasional bidang energi baru dan terbarukan dengan memanfaatkan sampah perkotaan, kondisi ini menjadi latar belakang untuk menjadikan sampah sebagai objek penelitian dalam konversi energi listrik. Saat ini, sangat sedikit pemanfaatan sampah perkotaan yang terkumpul di TPA untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik, jika dilihat dari jumlahnya limbah organik dari sampah perkotaan yang ada di kota-kota besar sangat berpotensi untuk dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik (*waste to energy*).

Pemanfaatan potensi sampah sebagai bahan baku PLTSa sebagai sumber energi alternatif berbasis energi terbarukan dengan obyek penelitian di berbagai kota di Indonesia telah banyak dilakukan sebelumnya. Potensi Energi listrik dari TPA Muara Fajar dapat dimanfaatkan sebagai PLTSa sebesar 9 MW untuk mensuplai sistem energi terbarukan di kota Pekanbaru [1], dari TPA Basirih berpotensi mensuplai energi listrik sebesar 11.956.766 kWh ke kota Banjarmasin [2]. Sistem dry anaerobic conversion sebagai bahan bakar mesin diesel dari sampah organik ini dikonversikan menjadi biogas akan menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) dapat digunakan sebagai prime mover untuk menggerakkan alternator 1000 kVA [3]. Metode pendekatan *least cost* digunakan untuk menilai kelayakan investasi (PLTSa) di daerah TPA Gampong Jawa Banda Aceh [4], perangkat lunak Inventarisasi IPCC dan Emisi Gas TPA LFG cost-Web Model (LandGEM) digunakan proyeksi potensi biogas dan energi listrik pada pembangunan PLTSa [5]. Dari penelitian tersebut dengan memanfaatkan volume sampah yang ada pada TPA, selain proses pembakaran langsung dan pengomposan, juga dilakukan dengan penimbunan di tempat terbuka (*landfill*) secara terkendali menghasilkan gas yang disebut LFG (*Landfill Gas*) dan cairan yang disebut lindi, yang dapat dijadikan sebagai bahan baku atau potensi energi listrik yang mampu dibangkitkan PLTSa. Produksi energi listrik dihitung dari aspek teknis dan aspek ekonomis untuk mendapatkan kelayakan dari sistem PLTSa yang akan direalisasikan sebagai sistem bauran energi listrik setempat.

Untuk menghitung potensi gas metana yang ada pada TPA, dengan menggunakan software Inventarisasi IPCC dan *LandGEM* telah dilakukan dalam beberapa penelitian [6][7][8], hasil analisis data berupa potensi biogas dan energi listrik digunakan sebagai dasar pertimbangan pembangunan PLTSa, dengan mempertimbangkan kajian ekonomi. Pembangkitan sampah menjadi energi sedang semakin dipandang sebagai strategi diversifikasi energi yang potensial, khususnya di Indonesia dan PLTSa di beberapa kota di Indonesia.

Kota Mataram setiap tahunnya mengalami peningkatan jumlah penduduk dimana pada tahun 2019 jumlah penduduk kota Mataram sebesar 427.831 jiwa. Peningkatan jumlah penduduk tersebut menyebabkan jumlah rata-rata timbunan sampah di kota Mataram pada tahun 2019 adalah sebesar 332,416 ton/hari dimana nantinya dikelola di TPA Kebon Kongok yang terletak di dusun Kebon Kongok, desa Suka Makmur, kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat [9].

Tujuan dari penelitian ini dengan menggunakan perangkat lunak *LandGEM* adalah menghitung besaran potensi gas metana yang ada pada TPA Kebon Kongok. Jika sampah di lokasi TPA Kebon Kongok diproses menjadi bahan energi terbarukan, akan sangat memberikan manfaat dan berkontribusi sebagai alternatif sumber energi listrik di kota Mataram. Dengan demikian dapat memberikan kontribusi bauran energi listrik sebagai tambahan cadangan pasokan energi listrik di sistem kelistrikan Lombok.

## 1.1 Potensi Sampah

Setiap aktifitas manusia maupun alam akan menghasilkan sisa suatu bahan yang terbuang atau residu berupa sampah. Pengelolaan sampah dari kegiatan sehari-hari manusia maupun makhluk hidup sebagai proses alam sesuai tertuang dalam Undang-undang no. 18 tahun 2008 pasal 1 dapat berupa sampah padat.

Komposisi sampah pada umumnya terbagi dalam tiga jenis yaitu sampah organik, sampah anorganik, dan sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Ketiga jenis golongan sampah tersebut memiliki sifat yang berbeda, antara lain, sampah organik dapat terurai secara alami, sampah anorganik tidak dapat terurai secara alami seperti plastik, karet, logam dan sejenisnya. Untuk sampah B3 adalah sampah yang berasal dari limbah bahan-bahan kimia yang beracun dan berbahaya seperti pada limbah industri kimia, sehingga perlu penanganan khusus.

## 1.2 Landfill

Tempat atau lokasi yang digunakan sebagai tempat akhir penampungan sampah dalam skala besar yang digunakan untuk proses pengolahan sampah selanjutnya dinamakan metode landfill. Jenis-jenis *landfill* yang ada adalah sebagai berikut:



**Tabel 1** Komposisi unsur biogas [11]

Komposisi	Unit	Landfill gas
Metana (CH <sub>4</sub> )	%	45-55
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	%	23-30
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	%	10-25
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	%	0,00
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	Mg/Nm <sup>3</sup>	<8.000
Oksigen (O <sub>2</sub> )	%	1-5
Nilai kalori	MJ/m <sup>3</sup>	18-21,96

**e. Landfill Gas Emission Model**

Landfill Gas Emission Model (LandGEM) adalah alat estimasi otomatis yang dipublikasikan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA) berbasis software *Microsoft Excel* pada MS-Office berfungsi untuk mengestimasi tingkat emisi dari total gas yang dihasilkan pada *landfill*, meliputi unsur gas CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, senyawa organik *non methane*, dan polutan udara dari tempat pembuangan limbah.



**Gambar 5.** Tampilan awal Software LandGEM

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat produksi gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dapat dihasilkan dari sampah pada instalasi *Landfill* menggunakan software *LandGEM* dengan formula berikut [12].

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_o \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-kt_{ij}} \quad (1)$$

dengan:

- Q<sub>CH<sub>4</sub></sub> = tingkat emisi gas CH<sub>4</sub>
- n = waktu total dari proses penumpukan sampah
- k = konstanta dari emisi gas *Landfill*
- L<sub>o</sub> = potensi produksi gas metana dari volume sampah yang tersedia
- t<sub>i</sub> = lama waktu penumpukan sampah
- M<sub>i</sub> = massa sampah / berat dari sampah
- j = 0,1 waktu pertahun

Dengan menggunakan persamaan pada software *LandGEM* potensi produksi gas yang dihasilkan dari *landfill* dapat dihitung menggunakan persamaan (1), diasumsikan 50% total gas *landfill* adalah metana maka persamaannya menjadi:

$$Q_T = Q_{CH_4} \times 2 \quad (2)$$

dengan:

- Q<sub>T</sub> = nilai emisi gas total
- Q<sub>CH<sub>4</sub></sub> = nilai emisi gas metana

Kapasitas daya listrik yang dihasilkan dari potensi gas pada *landfill* adalah dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_g = \frac{Q_T \times H_o}{3600} \quad (3)$$

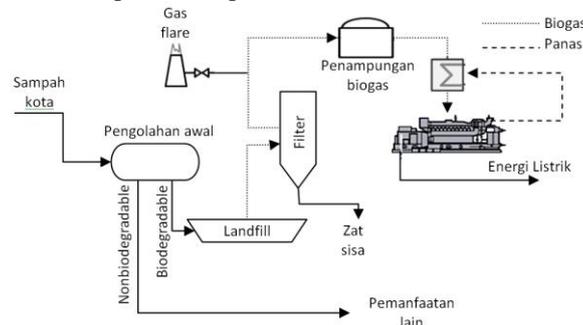
dengan:

- P<sub>g</sub> = kapasitas daya listrik generator (kW)
- Q<sub>T</sub> = produksi LFG (m<sup>3</sup>/jam)
- H<sub>o</sub> = nilai kalori LFG

**1.3 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)**

Sampah merupakan bahan bakar utama yang dapat membangkitkan tenaga listrik, dengan menggunakan potensi volume sampah organik dan sampah anorganik. Proses pembangkitan daya listrik memanfaatkan gas

yang dihasilkan sampah dapat menggunakan dua sistem proses konversi energi, yaitu dengan proses *konversi thermal* dan proses *konversi biologis*. Teknologi *pirolisis* dan teknologi *gasifikasi* merupakan sistem *konversi thermal*, sedangkan proses *konversi biologis* adalah dengan *anaerob digestion* dan *landfill gasification*. Skema sistem PLTSa dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram perencanaan PLTSa [13]

#### a. Combined Heat and Power (CHP)

*Combined Heat and Power* (CHP) adalah sistem konversi energi pembangkitan secara bersamaan beberapa bentuk energi produksi dalam suatu sistem yang terintegrasi. Sistem CHP tersusun dari beberapa komponen antara lain, mesin penggerak mula (*prime mover*), generator, *heat recovery*, dan jaringan listrik yang tergabung menjadi satu (*integrated*).

#### b. On-grid System PLTSa

Sistem *on-grid* adalah sebuah sistem dimana pembangkit listrik terhubung dengan jaringan PLN, bertujuan untuk membantu atau mengoptimalkan sistem PLN. Rangkaian sistem dari PLTSa ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari hasil produksi listrik PLTSa yang memanfaatkan potensi sampah sebagai bahan bakar melalui *feeder* Kediri karena letak TPA Kebon Kongok berada pada desa Suka Makmur dimana bertujuan untuk mengoptimalkan dan membantu sistem kelistrikan Lombok.

### 1.4 Analisa Kelayakan Ekonomi PLTSa

Dalam implementasi pembangunan PLTSa, dibutuhkan komponen biaya investasi atau biaya modal dan operasional. Biaya modal menjadi komponen terbesar yang sangat tinggi, yang menjadikan kelemahan utama atau pertimbangan utama untuk menyiapkan fasilitas energi dari sampah. Analisa kelayakan ekonomi dari investasi tersebut harus dilakukan terlebih dahulu, sehingga akan diketahui kelayakan suatu proyek dilihat dari sisi ekonomi investasi. Parameter yang digunakan dalam mengukur kelayakan investasi yaitu [14].

#### a. Payback Period (PP)

Analisis *Payback Period* dengan menghitung waktu yang diperlukan arus kas masuk sama dengan arus kas keluar. Untuk menghitung PP dapat menggunakan persamaan berikut :

$$PP = \frac{\text{Investment Cost}}{\text{Annual CIF}} \quad (4)$$

dengan:

*Investment Cost* = Biaya investasi

*Annual CIF* = *Cost In Flow* tahunan

#### b. Benefit / Cost Ratio (B/C Ratio)

*B/C Ratio* adalah pengukuran yang dilakukan untuk mengukur perbandingan besar pengeluaran dengan hasil yang diperoleh, umumnya proposal investasi dikatakan layak jika  $B/C > 1$ , sebab berarti hasil yang diperoleh lebih besar dari biaya yang dikeluarkan. Adapun persamaan untuk menghitung *B/C Ratio* adalah sebagai berikut:

$$BCR_t = \frac{\sum_1^n CIF_t}{\text{Investment Cost}} \quad (5)$$

#### c. Net Present Value (NPV)

NPV adalah nilai sekarang dari keseluruhan *Discounted Cash Flow* atau gambaran ongkos total atau pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai awal proyek). Persamaan untuk mencari NPV adalah sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t} - COF \quad (6)$$

dengan:

- k = *discount rate* yang digunakan
- COF = *cash outflow* / Investasi
- $CIF_t$  = *cash in flow* pada periode t
- n = periode terakhir *cash flow* diharapkan

**d. Internal Rate of Return (IRR)**

IRR adalah nilai tingkat pengembalian investasi, dihitung pada saat NPV sama dengan nol. IRR ditunjukkan dalam bentuk persen/periode dan biasanya bernilai positif  $I > 1$ . Adapun persamaan untuk menghitung IRR adalah sebagai berikut :

$$IRR = i_1 + \left( \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1) \quad (7)$$

dengan:

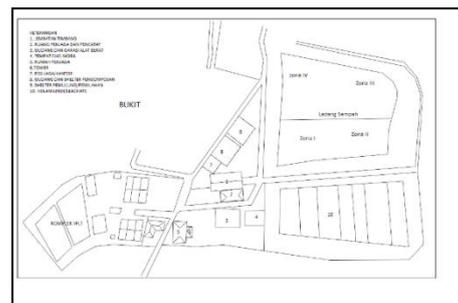
- $i_1$  = Tingkat diskonto yang menghasilkan NPV+
- $i_2$  = Tingkat diskonto yang menghasilkan NPV-
- $NPV_1$  = *Net Present Value* bernilai positif
- $NPV_2$  = *Net Present Value* bernilai negative

**2. METODOLOGI**

Objek penelitian ini dilakukan di kota Mataram tepatnya di TPA Kebon Kongok yang berlokasi di dusun Kebon Kongok, desa Suka Makmur, kecamatan Gerung, kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat yang terletak pada geografis lintang selatan  $08^{\circ}33-08^{\circ}38$  dan bujur timur  $116^{\circ}04-116^{\circ}10$ , ditunjukkan pada Gambar 7.



a. Jalur masuk dan kantor TPA



b. Denah TPA

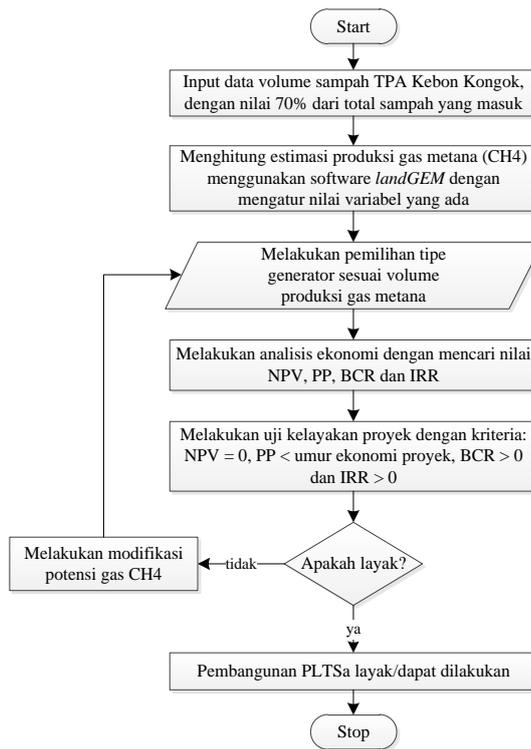
**Gambar 7.** TPA Kebon Kongok.

Prosedur dan langkah penelitian dapat dilihat dari diagram alir pada Gambar 8

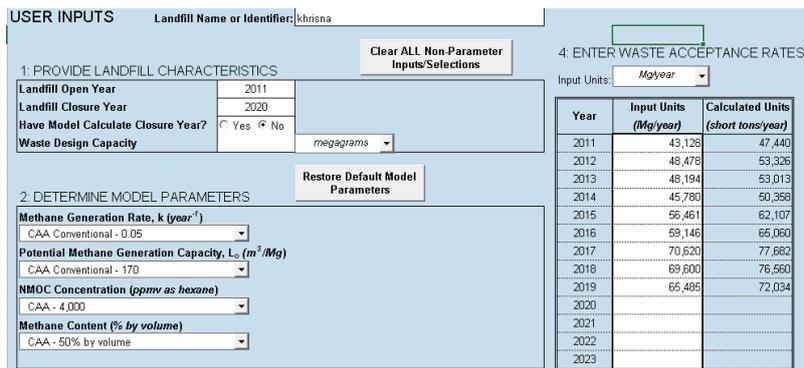
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Estimasi Produksi LFG (*Landfill Gas*)**

Pendugaan total gas yang dihasilkan dengan menggunakan *software LandGEM-v302* menghasilkan total produksi emisi gas TPA yang terdiri dari *landfill gas*, gas  $CH_4$ ,  $CO_2$  dan senyawa organik non-metana dari tahun 2011 sampai 2020, tampilan menu utama *software LandGEM* seperti pada Gambar 9.



Gambar 8 Diagram alir perancangan



Gambar 9. Tampilan Menu software LandGEM-v302

Masukan data yang akan digunakan dalam software LandGEM-v302 dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data volume sampah per tahun di kota Mataram [9]

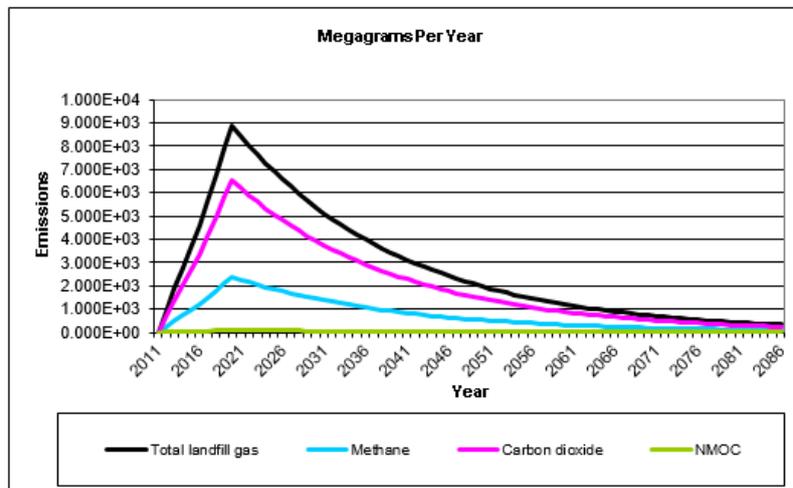
Tahun	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jumlah (Ton)	61.611	69.254	68.848	65.400	80.658	84.494	100.885	99.428	93.551

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup kota Mataram

Tabel 3. Data jumlah sampah per tahun dengan asumsi 70% sampah organik

Tahun	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jumlah (Ton)	43.128	48.478	48.194	45.780	56.461	59.146	70.620	69.600	65.486

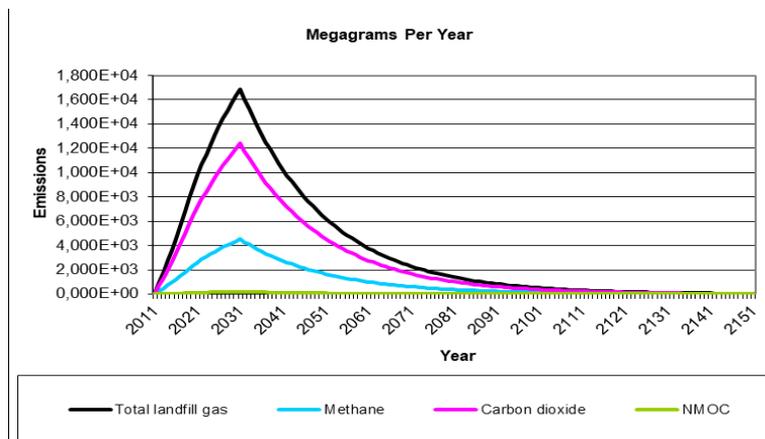
Model pendugaan menggunakan parameter CAA Conventional (default) dimana data sampah menghasilkan besaran produksi LFG pada tahun 2020 sebesar 7.100.769,959 m<sup>3</sup>/tahun. Sedangkan besaran produksi gas yang dihasilkan selama beberapa tahun kedepan dapat dilihat pada grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik total produksi gas per tahun.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa besaran produksi gas yang dihasilkan dari tahun 2011 hingga tahun 2020 mengalami kenaikan, dimana pada tahun 2020 merupakan puncak tertinggi besaran produksi total *landfill gas*, gas metana dan gas karbon dioksida, sedangkan gas NMOC tidak mengalami kenaikan, hasil gas meningkat sebanding dengan jumlah massa sampah yang masuk.

Dengan menggunakan asumsi umur ekonomis proyek (PLTSa) selama 20 tahun, dengan historis data volume sampah dari kota Mataram ke penampungan TPA Kebon Kongok, produksi gas metana dapat diprediksikan menggunakan *Software LandGEM*, mempunyai potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik. Produksi total *landfill gas* sampai dengan tahun 2031, dapat dilihat seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Prediksi total produksi gas sampai tahun 2031

### 3.2 Perhitungan Energi Yang Dapat Dihasilkan

Perhitungan untuk mencari gas metana yang dapat dihasilkan pada tahun 2020 dengan menggunakan persamaan (1), dengan nilai  $k = 0.05$  dan  $L_0 = 170$ , didapatkan nilai  $Q_{CH_4}$  sebesar  $= 3.550.384,94 \text{ m}^3/\text{tahun}$ . Total *landfill gas* yang dihasilkan  $Q_{T2020} = Q_{CH_4} \times 2 = 7.100.769,959 \text{ m}^3/\text{tahun}$ .

Potensi daya yang dapat dihasilkan sesuai persamaan (3), sebagai berikut:

$$P_g = \frac{Q_T \times H_0}{3600} = \frac{7.100.769,959 \times 18.000}{3.600} = 35.503,85 \text{ kW}.$$

Dengan mengasumsikan efisiensi PLTSa sebesar 25%, maka daya listrik yang dapat dihasilkan adalah :

$$P_e = n_e \times P_g = 0.25 \times 35.503.850 = 8.875,96 \text{ kW.}$$

Kapasitas daya listrik generator dari potensi volume sampah sebesar 8.875,96 kW, maka energi yang dihasilkan selama 1 tahun dengan asumsi total 1 bulan digunakan untuk *maintenance* dilakukan setiap 4000 jam maka energi sebesar  $8.875,96 \text{ kW} \times 8040 = 71.362.738,09 \text{ kWh}$ . Energi yang dapat dijual ke PT. PLN maka energi yang dapat dijual adalah  $= 71.362.738,09 \text{ kWh} - (71.362.738,09 \text{ kWh} \times 0.1) = 64.226.464,28 \text{ kWh}$ , bila 10 % energi listrik digunakan untuk internal PLTSa.

### 3.3 Pemilihan Spesifikasi Generator

Berdasarkan perhitungan potensi kapasitas daya pembangkit PLTSa sebesar 8.875,96 kW, maka digunakan generator sinkron dengan spesifikasi, kecepatan putar : 1500 Rpm, frekuensi : 50/60 Hz, kapasitas daya terpasang : 1.000 kVA, tingkat tegangan kerja : 220/400 V, tipe : AC tiga fasa.

### 3.4 Biaya Investasi

Besarnya nilai investasi yang didapat untuk membangun PLTSa dengan mencu pada nilai standar dalam Tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4.** Biaya Investasi [15]

Biaya investasi	
Pengumpul Gas	Jumlah (\$)
Biomass prep-yard	3.947.400
Gasification section	15.074.000
instalasi CHP Maximum Thermal	
Installed cost	25.421.400
instalasi pembangkit	
Installed cost	26.941.400
Biaya operasi dan perbaikan	1.704.000

Dengan mengacu pada Tabel 4, dari hasil penjumlahan biaya pengumpulan dan pengolahan gas dengan biaya instalasi PLTSa dengan menggunakan teknologi gasifikasi didapat total biaya investasi sebesar Rp. 997.779.793.920,-.

### 3.5 Penerimaan Biaya

Dari perhitungan besarnya biaya penerimaan diasumsikan bahwa tenaga listrik yang dapat disalurkan sebesar 100% dari daya yang dijual dengan mengikuti nilai besaran biaya pokok penyediaan pembangkitan PT. PLN (Persero) tahun 2019, maka besarnya penerimaan adalah sebesar  $Rp. 2.044 \times 64.226.464,28 = Rp. 131.278.892.986,59,-$ .

### 3.6 Depresiasi

Dengan menggunakan umur ekonomi selama 20 tahun, dan pada akhir umur pembangkit tidak memiliki nilai sisa (residu). Maka didapat nilai penyusutan sebesar :

$$D = \frac{\text{investasi} - \text{residu}}{n} = \frac{997.779.793.920 - 0}{20} = Rp. 49.888.989.696,-$$

### 3.7 Penyusunan Cashflow

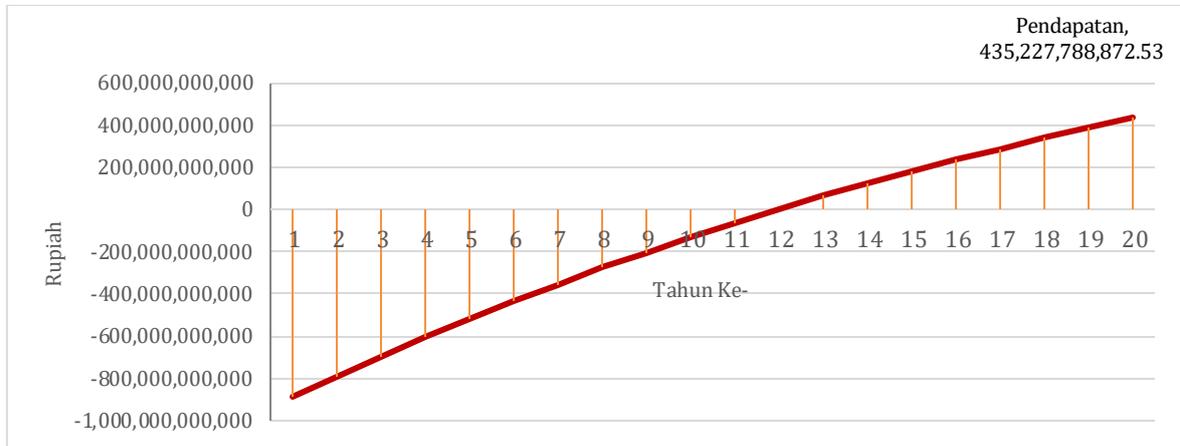
Dalam penyusunan cashflow menggunakan beberapa asumsi diantaranya adalah, *Discount rate* = 4.25%, \*Satuan dalam miliar rupiah dan umur ekonomis pembangkit selama 20 tahun.

**Tabel 5.** Penyusunan cashflow dengan discount rate 4,25%

Tahun	0	1	20	Jumlah
Investasi*	997,780	-	-	
Manfaat*	-	131,279	131,279	2.625,578
O&M*	-	23,818	23,818	476,357
Dr 4,25%	100%	100%	43.50%	
PV biaya*	-	23,818	10,361	317,614
PV manfaat*	-	131,279	57,105	1.750,622

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa besar biaya investasi untuk membangun PLTSa adalah sebesar Rp. 997.779.793.920,-, manfaat atau hasil yang didapat oleh PLTSa setiap tahunnya sebesar Rp.

131.278.892.986,59, sedangkan biaya yang dikeluarkan untuk operasi dan perbaikan PLTSa setiap tahunnya sebesar Rp. 23.817.830.400. Dengan asumsi umur ekonomis PLTSa selama 20 tahun maka dari tabel diatas didapatkan manfaat bersih (manfaat-O&M) selama 20 tahun setelah dikurangi dengan biaya investasi sebesar Rp.151.441.457.811,80,-. Total biaya dan manfaat selama 20 tahun dipengaruhi *discount rate* 4,25 % adalah sebesar Rp. 317.613.940.783,10,- untuk biaya dan Rp. 1.750.621.523.575,63 untuk manfaat yang didapatkan. Dari Tabel 5 dapat dibuat diagram aliran kas (*cashflow*), seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik cashflow dengan *discount rate* 4,25%

### 3.8 Penilaian Investasi

Analisis penilaian investasi meliputi untuk *discount rate* 4.25%, didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

#### 1. Net Present Value (NPV)

Didapatkan dari persamaan (6) dapat ditentukan nilai NPV sebagai berikut:

$$NPV = \text{Rp.}1.750.621.253.575,63 - (\text{Rp.} 317.613.940.783,10 + \text{Rp.}997.779.793.920) = \text{Rp.} 435.227.788.872,53$$

#### 2. Payback Period (PP)

Dengan menggunakan persamaan (4) dapat dihitung sebagai berikut:

$$PP = 997.779.793.920 / 131.278.892.986,59 = 7,6 \text{ tahun.}$$

#### 3. Benefit Cost Ratio (BCR)

Dengan menggunakan persamaan (5) dapat dihitung sebagai berikut:

$$BCR : \text{Rp.} .1.750.621.253.575,63 / \text{Rp.} 1.315.393.734.703,10 = 1,33.$$

#### 4. Internal Rate of Return (IRR)

Dengan menggunakan persamaan (7) dapat dihitung sebagai berikut:

$$IRR = (0.0425 + \left( \frac{\text{Rp.}435.227.788.872,53}{\text{Rp.}435.227.788.872,53 - (-\text{Rp.}1.003.525.973,98)} \right) (0.89 - 0.0425)) \times 100 = 4,27\%.$$

### 3.9 Hasil Evaluasi Proyek

Resume hasil evaluasi proyek dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Evaluasi Proyek *discount rate* 4.25%

No	Parameter Evaluasi	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan Proyek
1	NPV	435.227.788.872,53	NPV>0
2	PP	7,6	PP<umur ekonomis proyek
3	BCR	1,33	BCR>0
4	IRR	4,27%	IRR>4,25%

Dari Tabel 6 diatas dapat dilihat bahwa proyek PLTSa menguntungkan sesuai dengan kriteria kelayakan investasi proyek dimana nilai NPV lebih besar dari 0 yaitu sebesar RP. 435.227.788.872,53. Nilai PP lebih kecil dari umur ekonomis proyek dimana nilai PP sebesar 7,6 tahun sedangkan umur proyek sebesar 20 tahun. Nilai BCR yang didapat lebih besar dari 0 dimana nilai BCR sebesar 1.33 Dan nilai IRR yang didapat lebih besar dari DF (4,25 %) nilai IRR sebesar 4,27%.

### 3.10 Perbandingan Tingkat Kelayakan PLTSa dengan Pembangkit EBT

Berdasarkan tingkat kelayakan PLTSa dengan Pembangkit EBT lain didapatkan bahwa PLTSa lebih layak untuk direalisasikan dibandingkan pembangkit energi terbarukan yang lain. Hal ini didasarkan karena bahan sumber utama energi yang digunakan oleh PLTSa yaitu sampah tidak terpengaruh oleh faktor cuaca dan cenderung semakin meningkat setiap tahun sebanding dengan meningkatnya jumlah penduduk. Hal ini berbeda dengan PLTA dan PLTS dimana bahan sumber utama energi dipengaruhi oleh cuaca dan juga pendapatan jual energi cenderung lebih kecil.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kelayakan PLTSa dapat disimpulkan bahwa TPA Kebon Kongok memiliki potensi LFG sebesar 7.100.769,959 m<sup>3</sup>/tahun. Dengan kapasitas PLTSa sebesar 1.000 kVA, maka selama setahun energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit sebesar 71.362.738,09 kWh per tahun, sedangkan energi listrik yang digunakan untuk pemakaian sendiri sebesar 7.136.273,809 kWh per tahun sehingga energi listrik yang dapat dijual ke PT.PLN (Persero) sebesar 64.226.464,28 kWh per tahun. Biaya investasi yang dibutuhkan untuk merealisasikan pembangkit listrik tenaga sampah di kota Mataram sebesar Rp. 997.779.793.920. Net Present Value (NPV) = Rp. 435.227.788.872,53,-, *Pay Back Period* (PP) = 7,6 tahun, *Benefit Cost Ratio* (BCR) = 1,33, dan *Internal Rate of Return* (IRR) = 4,27%. Dari aspek teknis dan ekonomi, potensi sampah di TPA Kebon Kongok layak untuk diwujudkan sebagai pembangkit listrik tenaga sampah.

## REFERENCES

- [1] Monice dan Perinov, "Analisis Potensi Sampah sebagai bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Pekanbaru. Pekanbaru." *Sainetin Journal (Journal of Science, Energy, Technology & Industry)*, Vol.1, No.1, pp. 9-16, 2016, doi: <https://doi.org/10.31849/sainetin.v1i1.166>.
- [2] Haq A.N., Hermawan., Karnoto. 2012. Studi Potensi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin," *Eprints.Undip.Ac.Id*, p. 9, 2012.
- [3] D. Eko Budi Santoso dan Gunawan, "Studi perencanaan pembngakit listrik tenaga sampah dengan teknologi dry anaerobic cnvrtion," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2*, pp. A25-A29, 2011, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- [4] Rachmad Ikhsan dan Syukriyadin, "Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Kota Banda Aceh," *Prosiding Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*, pp. 146-151, 2014, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala dan Politeknik Negeri Medan.
- [5] M. Saleh, E. W. Sinuraya, D. Denis , P. Gregorius and E. Hardian, "Technology and economic analysis of urban waste potential (case study of Jatibarang landfill)," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, pp.1-7, 2021, doi:10.1088/1755-1315/623/1/012021,
- [6] N. R. Haryadi, A. Sasmita dan J. Asmura, "Proyeksi Timbulan Sampah dari Kegiatan Landfilling di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kecamatan Mandau," *Jom FTEKNIK*, Vol. 5 Edisi 1, pp.1-6, 2018, Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [7] Najmeh Amirmahani, Shahram Sadeghi, Ghazal Yazdanpanah, Aida Tayebiyani, Alireza Nasiri and Mohammad Malakootian, "Estimating methane gas generation rate from Kerman City landfill using LandGEM software," *Int. J. Environment and Waste Management*, Vol. 26, No. 4, pp. 520-530, 2020.
- [8] Saeid Fallahizadeh, Masoumeh Rahmatinia, Zakarya Mohammadi, Marzieh Vaezzadeh, Ali Tajamiri and Hamed Soleimani, "Estimation of methane gas by LandGEM model from Yasuj municipal solid waste landfill, Iran," *MethodsX*, Vol. 6, pp. 391-398, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.02.013>, Published by Elsevier B.V.
- [9] Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram, "*Data Timbangan TPA Kebon Kongok*," Mataram: Dinas Lingkungan Hidup Kota Mataram, 2019.
- [10] E. Damanhuri, R. Ismaria, dan T. Padmi, "*Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sistem Controlled Landfill dan Sanitary Landfill*," Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya, 2006, Bandung.
- [11] Dieter Deublein and Angelika Steinhäuser, "Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction," John Wiley & Sons, Inc., 2008, <https://doi.org/10.1002/9783527621705.ch1b>.
- [12] Alexander A., Burklin C., Singleton A., "*Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide*," WashingtonDC: U.S Environmental Protection Agency, 2005.
- [13] W. H. Wijaya, "*Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Berbasis Landfill Pretreatment Dengan Menggunakan Generator Hcci (Studi Kasus:TPA Supit Urang Kota Malang, Jawa Timur)*," Program Magister Bidang Keahlian Rekayasa Energi Terbarukan Jurusan Teknik Fisika, 2016.
- [14] D. G. Newman, T. G. Eschenbach and J. P. Lavelle, "*Engineering Economic Analysis*," Oxford University Press, 2009.
- [15] U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership, "*Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies*," Washington, DC: U.S Environmental Protection Agency, 2007.

## BIOGRAPHY OF AUTHORS



**Komang Bagus Khrisna Murti** ([khrs.murti@gmail.com](mailto:khrs.murti@gmail.com)), lahir di Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia, pada bulan November 1994. Memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro (ST) di bidang Teknik Elektro dari Universitas Negeri Mataram, pada tahun 2021. Minat di bidang elektro adalah Sistem Tenaga Listrik dan Sistem Energi Baru dan Terbarukan



**Abdul Natsir** ([natsir.amin@unram.ac.id](mailto:natsir.amin@unram.ac.id)), lahir pada bulan Mei 1972 di Bima, Nusa Tenggara Barat. Memperoleh gelar Sarjana Teknik bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Nasional Malang tahun 1997 dan Magister Teknik bidang Teknik Elektro dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 2000. Pada tahun 1998 diangkat sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram hingga sekarang. Minat utama penelitiannya adalah energi terbarukan, pembangkitan tenaga listrik, dan *micro-grid* dari sumber energi terbarukan terintegrasi.



**Agung Budi Muljono** ([agungbm@unram.ac.id](mailto:agungbm@unram.ac.id)), lahir pada bulan Februari 1971 di Purwodadi Grobogan Jawa Tengah. Memperoleh gelar Sarjana Teknik dari ITN Malang tahun 1996 dan Magister Teknik di bidang Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada tahun 2000. Sebagai staff pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram sejak tahun 1998 sampai sekarang. Minat utama penelitiannya adalah dinamika dan stabilitas sistem tenaga, transmisi dan distribusi tenaga listrik, sistem HVDC, energi terbarukan, sistem pembangkit DG dan aplikasi AI dalam sistem tenaga listrik.