



## Pengembangan Teknologi Konversi Sampah Untuk Efektifitas Pengolahan Sampah dan Energi Berkelanjutan

**Jon Marjuni Kadang<sup>\*1</sup>, Nazaruddin Sinaga<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

e-mail: <sup>\*1</sup>[jonmrkadang@students.undip.ac.id](mailto:jonmrkadang@students.undip.ac.id), <sup>2</sup>[nazarsinaga@lecturer.undip.ac.id](mailto:nazarsinaga@lecturer.undip.ac.id)

### **Abstrak**

*Pengembangan teknologi pengelolaan sampah yang juga menghasilkan energi adalah solusi permasalahan sampah serta energi berkelanjutan. Penanganan sampah belum memadai termasuk kendala lahan, sementara kapasitas sampah semakin bertambah. Penanganan sampah selama ini melalui Landfill Gas Collection dan Teknologi Termal dimana terdapat kendala lahan serta lingkungan. Sehingga dibutuhkan kajian dan pengembangan lebih lanjut agar pengelolaan sampah lebih efektif. Melalui kajian ini dibahas tentang pengembangan terhadap Landfill Gas Collection dan Teknologi Termal melalui penerapan Teknologi Gasifikasi untuk pemanfaatan pilihan teknologi yang tepat sesuai jenis dan kondisi sampah di Indonesia serta mendukung energi berkelanjutan. Melalui kajian ini dilakukan pembahasan pada salah satu sistem penanganan sampah di Indonesia yaitu di TPA Benowo-Surabaya, dimana volume sampah perkotaan Surabaya tinggi (811.255,10 Ton pada tahun 2020). Hasil kajian menyimpulkan bahwa Teknologi Gasifikasi lebih efektif dan signifikan dalam penanganan sampah di Indonesia khususnya di Kota Surabaya (sampah terkelola 96,48% pada tahun 2020) sekaligus menghasilkan energi listrik dari hasil konversi sampah (12 MW dari sampah 1.000 ton/hari) dimana sebelumnya Landfill Gas Collection hanya menghasilkan listrik 2 MW/hari.*

**Kata kunci**— Sampah, Konversi, Energi, Pengembangan Teknologi

### **Abstract**

*The development of waste management technology that also produces energy is a solution to the problem of waste and sustainable energy. Inadequate waste management, including land constraints, while waste capacity is increasing. So far, waste handling has been through Landfill Gas Collection and Thermal Technology where there are land and environmental constraints. Therefore, further studies and developments are needed to make waste management more effective. This study discusses the development of Landfill Gas Collection and Thermal Technology through the application of Gasification Technology for the use of appropriate technology choices according to the type and condition of waste in Indonesia as well as supporting sustainable energy. Through this study, a discussion was carried out on*

one of the waste management systems in Indonesia, namely at the Benowo-Surabaya TPA, where the volume of Surabaya urban waste is high (811,255.10 tons in 2020). The results of the study concluded that Gasification Technology is more effective and significant in handling waste in Indonesia, especially in the city of Surabaya (96.48% of managed waste in 2020) as well as producing electrical energy from the conversion of waste (12MW from 1,000 tons of waste/day) where previously Landfill Gas Collection only generates 2MW/day of electricity.

**Keywords**—Waste, Conversion, Energy, Technology Development

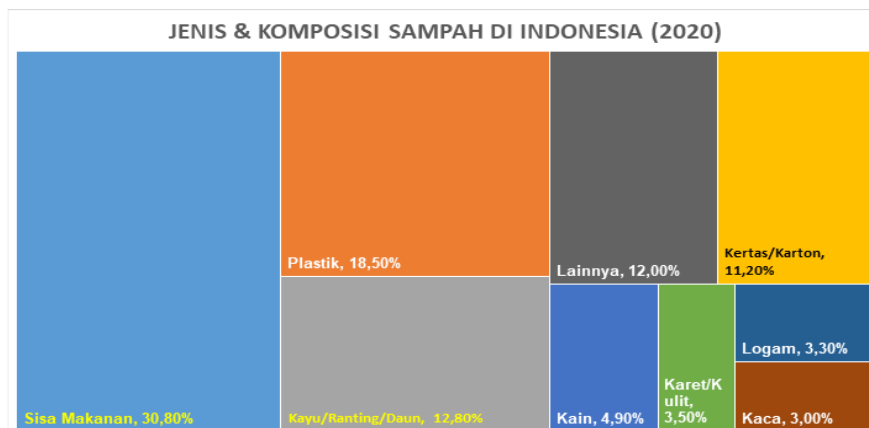
## 1. PENDAHULUAN

Berbagai masalah sampah meningkat signifikan sejalan dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, keterbatasan lahan, serta dampak pada lingkungan. Manajemen penanganan sampah mulai dari pengurangan sampah (sisi produsen, konsumen) kemudian

pengolahan sampah (pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pemrosesan akhir) belum optimal menyelesaikan masalah sampah di Indonesia.

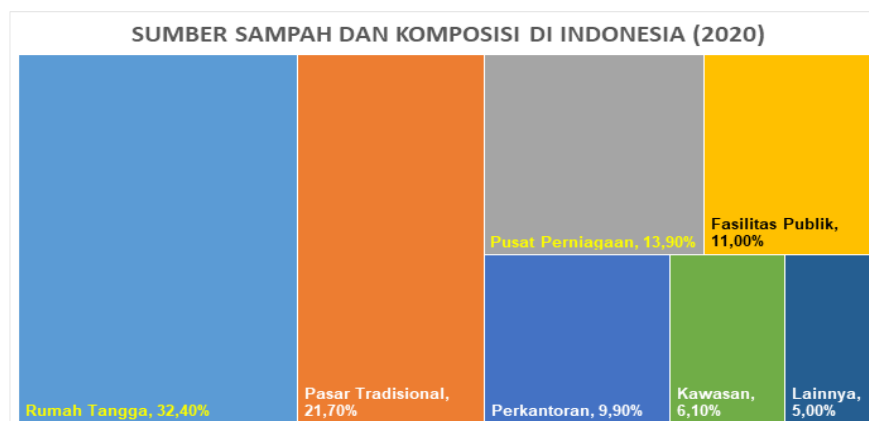
Berikut data terkait komposisi sampah di Indonesia berdasarkan Sumber Informasi Pengelolaan Sampah Nasional 2020 dari Kementerian Lingkungan Hidup [1] :

### 1. Komposisi Sampah berdasarkan Jenis Sampah



Gambar 1. Grafik Perbandingan Jenis Sampah di Indonesia (2020)

### 2. Komposisi Sampah berdasarkan Sumber Sampah



Gambar 2. Grafik Perbandingan Sumber Sampah di Indonesia (2020)

Data komposisi sampah di atas menunjukkan bahwa sebagian besar sampah di Indonesia terdiri dari komposisi Sisa Makanan & Plastik serta berasal dari sebagian besar Rumah Tangga dan Pasar Tradisional.

Selanjutnya, berikut adalah capaian kinerja pengelolaan sampah yaitu

pengurangan dan penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga pada tahun 2020 yang terdiri dari 291 Kabupaten/Kota se-Indonesia berdasarkan Sumber Informasi Pengelolaan Sampah Nasional 2020 dari Kementerian Lingkungan Hidup [1] :

Tabel 1. Kinerja Pengelolaan Sampah

Uraian	Volume (ton/tahun)	Kinerja
Timbulan Sampah	36.975.616	
1. Sampah Terkelola	19.591.028	52,98%
a. Pengurangan Sampah	5.870.286	15,88%
b. Penanganan Sampah	13.720.742	37,11%
2. Sampah Tidak Terkelola	17.384.587	47,02%

Dari data Kinerja Pengelolaan Sampah di Indonesia tahun 2020 di atas diperoleh gambaran bahwa sampah yang terkelola 52,98% dan tidak terkelola sebesar 47,02%. Sehingga diperlukan suatu terobosan yang dapat menangani sampah secara signifikan yaitu melalui pemanfaatan dan pengembangan teknologi pengolahan sampah.

Sampah bisa dikelola dengan baik melalui peningkatan kepedulian masyarakat pada lingkungan serta kerjasama berbagai Stakeholder untuk pemanfaatan peluang sumber energi terbarukan melalui pengembangan teknologi konversi sampah menjadi energi. Proses manajemen sampah menjadi energi akan optimal jika dilaksanakan melalui metode kerjasama berbagai Stakeholder dengan skema Kemitraan Strategis. Proses konversi sampah sebagai energi pada PLTSA diterapkan melalui peningkatan hubungan kerjasama berbagai Stakeholder yang terkait dengan PLTSA yang terdiri dari Pemerintah dan Swasta serta Masyarakat setempat [2,3,4]. Hal ini juga telah didukung melalui Undang-Undang RI No.18 tahun 2008 terkait manajemen sampah yang terintegrasi, sistematis, serta berkesinambungan.

Sistem manajemen sampah sudah mengalami kemajuan bahkan bisa dimanfaatkan menjadi alternatif energi pada pembangkit PLTSA dengan skala kecil, namun belum dimanfaatkan secara optimal dalam skala besar [5]. Terdapat berbagai teknik pemanfaatan sampah yang bisa diterapkan untuk konversi sampah menjadi energi yaitu, teknologi konversi termal dan mekanisme biologis. Karakteristik suatu daerah/wilayah sangat mempengaruhi penentuan teknologi yang paling tepat untuk solusi pada masalah sampah.

Metode penanganan sampah selama ini adalah melalui Teknologi Termal dimana terdapat keterbatasan yaitu dibutuhkan lahan yang relatif luas untuk pengolahan sampah dan juga memiliki dampak pada lingkungan. Sehingga dibutuhkan kajian dan pengembangan lebih lanjut terhadap Teknologi Termal tersebut. Melalui kajian ini dibahas tentang pengembangan terhadap Teknologi Termal yaitu dengan penerapan Teknologi Gasifikasi Plasma dalam pengelolaan sampah untuk mendukung pemanfaatan pilihan teknologi pengolahan sampah yang tepat sesuai jenis dan kondisi sampah di Indonesia sehingga memiliki nilai ekonomis dan energi serta mendukung energi berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, Penulis melakukan kajian Pengembangan Teknologi Konversi Sampah Menjadi Energi untuk Efektifitas Pengolahan Sampah dan Energi Berkelanjutan di Indonesia dengan mengkaji salah satu sistem penanganan sampah di Indonesia yaitu di TPA Benowo-Surabaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Melalui kajian ini dilakukan analisis kualitatif menggunakan metode deskriptif, yaitu melakukan pembahasan melalui review pada berbagai bahan pustaka sebagai data sekunder. Langkah-langkah yang dilakukan pada pembahasan kajian yaitu:

1. Melakukan studi kepustakaan/literatur melalui berbagai sumber mengenai penanganan masalah sampah di Indonesia berikut teknologi konversi sampah menjadi energi yang berpotensi sebagai salah satu alternatif energi berkelanjutan.
2. Melakukan analisis deskriptif terhadap peluang pemanfaatan sampah di Indonesia untuk pengembangan energi berkelanjutan yaitu pembahasan tentang pengembangan terhadap Teknologi Termal dengan penerapan Teknologi Gasifikasi Plasma dalam pengelolaan sampah.
3. Menghasilkan kesimpulan dan saran terhadap efektifitas penanganan sampah dan optimalisasi pilihan teknologi penanganan sampah yang tepat sesuai jenis dan kondisi sampah di Indonesia serta mendukung energi berkelanjutan.

Kajian ini bertujuan untuk memahami keadaan atau fenomena pada subjek kajian yaitu penanganan sampah dan pemanfaatan serta pengembangan teknologi pengolahan sampah.

Dari hal tersebut di atas, kajian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk menjelaskan pengembangan terhadap solusi sampah di Indonesia berikut pengembangan teknologi yang

### 1. Timbulan Sampah

diimplementasikan. Contohnya, yaitu terobosan pengelolaan sampah di Surabaya yaitu TPA Benowo yang telah mengembangkan pemanfaatan teknologi pengelolaan sampah melalui Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).

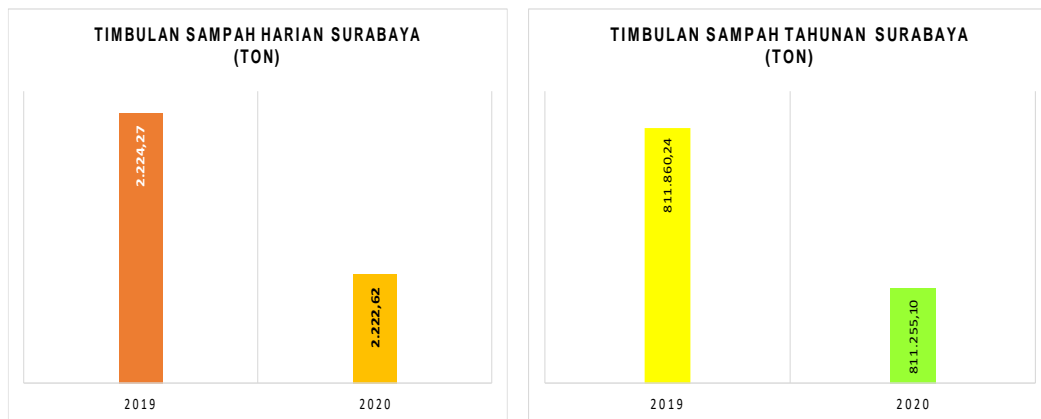
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan analisis pada kajian ini terkait terobosan pengolahan sampah di Indonesia, digunakan teori [6] yang terdiri atas 4 Parameter, yaitu sebagai berikut:

1. **Pengadaan Teknologi**  
Parameter ini menunjukkan adanya penggunaan teknologi pada pengolahan sampah dimana terobosannya yaitu konversi sampah menjadi energi listrik (PLTSA).
2. **Pengembangan Teknologi**  
Aspek ini menggambarkan adanya optimasi pengembangan teknologi dalam terobosan konversi sampah menjadi energi listrik, yaitu pengembangan teknologi apa saja yang dimanfaatkan dalam terobosan konversi sampah tersebut.
3. **Reformasi Birokrasi dan Organisasi**  
Parameter ini menjelaskan adanya pembaharuan manajemen (birokrasi dan organisasi) dalam upaya menciptakan tata kelola yang baik dan menyeluruh (Pemerintah, Stakeholders, Struktur Organisasi, dan Kondisi Sosial Masyarakat).
4. **Kebijakan Baru**  
Aspek ini menunjukkan adanya kebijakan baru dalam terobosan pengelolaan sampah.

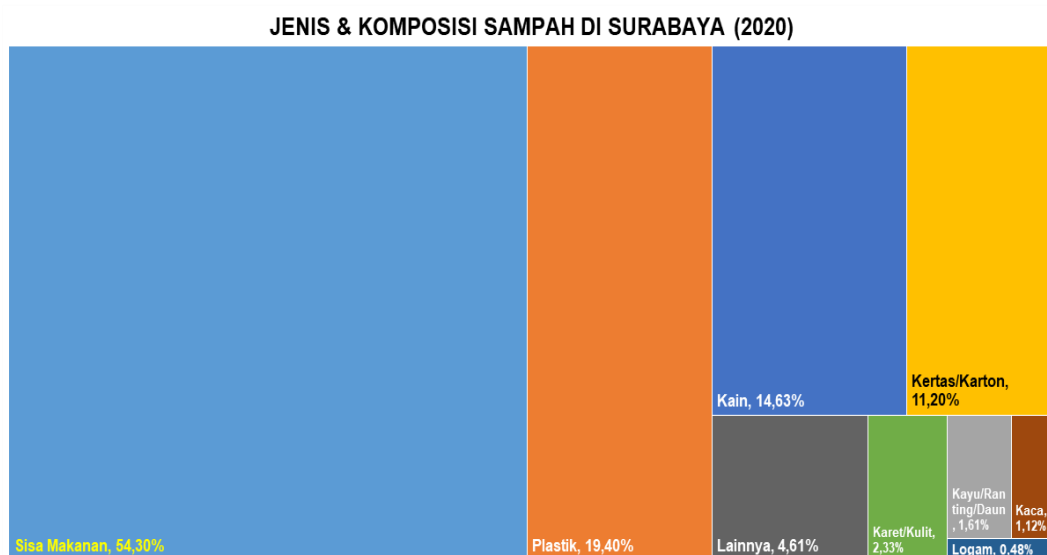
### 3.1 Analisis Sampah

Khusus untuk pembahasan pengelolaan sampah di TPA Benowo-Suarabaya, berikut data terkait komposisi sampah di Kota Surabaya berdasarkan Sumber Informasi Pengelolaan Sampah Nasional dari Kementerian Lingkungan Hidup [1]:



Gambar 3. Grafik Timbulan Sampah Kota Surabaya

## 2. Komposisi Sampah berdasarkan Jenis Sampah Tahun 2020



Gambar 4. Grafik Perbandingan Jenis Sampah di Surabaya Tahun 2020

Berdasarkan data komposisi sampah di Kota Surabaya (Tabel 4), dapat diperoleh gambaran bahwa volume sampah di Kota Surabaya pada tahun 2020 sebesar 2.222,62 Ton/hari, dimana sebagian besar sampah tersebut terdiri dari komposisi Sisa Makanan & Plastik yang berasal dari sebagian besar Rumah Tangga.

Jenis dan kondisi sampah bermanfaat untuk analisis kadar air dalam penentuan penggunaan teknologi pengolahan sampah. Kadar air yang tinggi menyebabkan efisiensi teknologi pengolahan sampah rendah (dibutuhkan energi berlebih untuk menguapkan air).

## 3.2 Manajemen Penanganan Sampah

Sampah merupakan permasalahan nasional yang pengelolaannya wajib dilaksanakan dengan komprehensif dan terpadu oleh berbagai Stakeholder (Pemerintah, Masyarakat, dan Swasta) dari hulu ke hilir agar memberikan manfaat bagi kesehatan dan ekonomi masyarakat serta aman terhadap lingkungan.

Pentingnya partisipasi masyarakat sebagai salah satu Stakeholder dalam penanganan masalah sampah adalah karena berdasarkan data komposisi sampah yang dihasilkan di Indonesia yaitu berdasarkan data statistik tahun 2020 bahwa Sampah Rumah Tangga oleh Masyarakat

menghasilkan volume terbanyak dari total timbunan sampah di Indonesia (Tabel 2).

Indonesia berupaya untuk peningkatan sarana penanganan sampah. Penanganan sampah yang terintegrasi mencakup teknologi, lingkungan, dan sosial-budaya masyarakat. Hal ini bisa dengan konversi sampah menjadi energi melalui pengembangan Teknologi Termal (Pembakaran/Insinerasi, Gasifikasi, Pirolisis) dengan Teknologi Gasifikasi Plasma, dimana dapat meminimalkan kapasitas sampah serta menghasilkan energi sebagai manfaat lanjutan dari sampah.

Pertimbangan pengembangan teknologi penanganan sampah, yaitu sebagai berikut:

1. Pertimbangan Teknis (teknologi, operasional, bahan bakar, neraca massa dan energi, lingkungan, produksi energi);
2. Pertimbangan ekonomi (investasi, biaya operasi dan pemeliharaan).

Terobosan pengolahan sampah dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan sampah, yaitu pengadaan teknologi dan pengembangan teknologi dimana hal ini dapat dioptimalkan dalam manajemen penanganan sampah di Indonesia.

Sebagai contoh implementasi pengadaan teknologi dan pengembangan teknologi pengelolaan sampah di Indonesia adalah di TPA Benowo-Surabaya yaitu Pemerintah Kota Surabaya telah menerapkan suatu terobosan dalam pengelolaan sampah yaitu selain mengatasi volume sampah secara signifikan juga menghasilkan energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).

Berikut merupakan capaian kinerja pengelolaan sampah tahun 2020 di Kota Surabaya berdasarkan Sumber Informasi Pengelolaan Sampah Nasional 2020 dari Kementerian Lingkungan Hidup [1] :

Tabel 2. Kinerja Pengelolaan Sampah

Uraian	Tahun	
	2019	2020
Timbulan Sampah (Ton/Tahun) (A)	811.860	811.255
Pengurangan Sampah (Ton/Tahun) (B)	64.223	67.855
% Pengurangan Sampah (B/A)	7,91	8,36
Penanganan Sampah (Ton/Tahun) (C)	719.003	714.820
% Penanganan Sampah (C/A)	88,56	88,11
Sampah Terkelola (Ton/Tahun) (B+C)	783.227	782,676
% Sampah Terkelola (B+C)/A	96,47	96,48
Daur Ulang Sampah (Ton/Tahun)(D)	2.635	3.123
Bahan Baku Sampah (Ton/Tahun)(E)	102.523	110.899
Recycling Rate (D+E) / (A)	12,95	14,06

Dari data Kinerja Pengelolaan Sampah di Kota Surabaya di atas diperoleh gambaran bahwa sampah telah terkelola 96,48% pada tahun 2020. Sehingga ini menunjukkan bahwa Sampah Kota Surabaya telah dikelola secara signifikan yaitu melalui pemanfaatan dan pengembangan teknologi pengolahan sampah.

### 3.3 Konversi Sampah Menjadi Energi

Konversi Sampah menjadi Energi adalah teknologi menghasilkan energi berupa panas ataupun listrik dari sampah. Teknologi konversi sampah ini dapat meminimalkan sampah dengan cara kompres serta menghasilkan energi sehingga mendukung energi berkelanjutan.

Beberapa sistem pengelolaan sampah yang umum diterapkan adalah Sistem Termal, *Anaerobic Digestion*, *Landfill Gas Recovery*, dan *Refused*

*Derived Fuel* (RDF). Sistem Termal mampu mengolah sampah *Combustible* dengan produk berupa energi panas, *synthetic natural gas* dan minyak. Sedangkan sistem *Anaerobic Digestion* hanya bisa mengolah sampah organik dengan keluaran dalam bentuk Biogas. Kemudian sistem *Landfill Gas Recovery* mengelola timbunan sampah pada TPA menjadi energi dalam bentuk Biogas. Dan sistem RDF mengubah sampah *combustible* menjadi material yang memiliki nilai kalor yang tinggi.

Keluaran dari beberapa teknologi konversi sampah ke energi berupa energi uap, panas, dan listrik. Berikut ini merupakan jenis-jenis teknologi konversi sampah ke energi yang diterapkan selama ini dalam pengolahan sampah, yaitu:

1. Teknologi Termal
  - a. Hidro Pirolisis/Insinerator, yaitu melalui pemanasan komponen organik dengan air dengan temperatur yang tinggi (dekomposisi termal).
  - b. Pirolisis, yaitu mirip Hidro Pirolisis (namun tanpa oksigen), yaitu memanfaatkan limbah organik dari industri/agrikultur.
  - c. Gasifikasi
 

Secara umum terdiri dari gasifikasi konvensional dan gasifikasi *Plasma Arc*. Teknologi Gasifikasi Konvensional melakukan pembakaran sampah padat pada ruang bakar melalui suhu yang tinggi dengan oksigen yang kurang sehingga keluaran bahan bakar berupa *syntetic gas*, cairan, dan arang. Gasifikasi konvensional menggabungkan limbah biomass dengan co-gasifikasi (PE, Batubara) dan agen gasifikasi (CO<sub>2</sub>, Air). Selanjutnya, dilakukan pengembangan teknologi gasifikasi melalui teknologi

gasifikasi Plasma Arc, yaitu memanfaatkan tegangan listrik tinggi dapat menimbulkan medan listrik yang bisa memanaskan sampah dengan suhu yang tinggi.

2. Teknologi Non-Termal
  - a. Teknik Fermentasi, yaitu enzim tanpa oksigen menyebabkan perubahan kimiawi pada substansi organik.
  - b. Prinsip *Anaerobic Digestion*, yaitu menggunakan mikroorganisme terhadap substansi organik [7].

Selanjutnya, diidentifikasi kesesuaian kriteria pada pemilihan terkait teknologi pengelolaan sampah, yaitu berdasarkan: Jenis Sampah, Status Teknologi, Skala Optimum, Kondisi Penentu Proses, Keluaran Akhir, Biaya Investasi, Biaya Operasional serta Pemeliharaan, Kebutuhan Lahan, Keterampilan Operator, Potensi Dampak, dan Kontribusi pada Ketahanan Energi

Dalam perkembangannya, implementasi konversi sampah menjadi energi terwujud melalui teknologi PLTSa dimana merupakan pembangkit listrik yang mengoptimalkan bahan bakar dari sampah. Sampah ini dimanfaatkan untuk memanaskan air dalam boiler. Uap panas yang diperoleh masuk ke turbin uap memutar generator dan menghasilkan listrik [8].

### 3.4 Pengembangan Teknologi Konversi Sampah menjadi Energi

Tabel 3 berikut merupakan perbandingan pengembangan jenis-jenis teknologi konversi sampah menjadi energi listrik yang terdiri dari Pembakaran/Insinerasi, Gasifikasi, dan Pirolisis. Hal utama yang menjadi perbandingan dari teknologi konversi sampah ke bentuk energi listrik adalah terkait emisi dan lingkungan, kalor, kapasitas, dan investasi.

Tabel 3. Tinjauan Teknologi Termal [9],[10], [11]

Kriteria	Metode Pembakaran	Metode Gasifikasi	Metode Pirolisis
Prinsip Kerja	Melalui kadar oksigen/udara berlebih	Melalui kadar oksigen/udara rendah	Tanpa adanya kadar oksigen/udara
Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	800-1450	500-1800	250-900
Komersial Pembangkit	Ada	Ada	Tidak Ada (Percontohan)
Umur Ekonomis	125 Tahun	10 Tahun	30 Tahun
Banyaknya Pembangkit (Dunia)	>1000	<150	<10
Tempat Pembangkit Pra-Pemrosesan Sampah	Negara: Singapura, Amerika, Eropa	Negara: Amerika, Eropa, Jepang	Non-MSW: Eropa
Efisiensi Termal (%)	18-28	12-18	TBC
Output Pengolahan	Produk: Gas, Panas	Produk: Gas Sintesis	Produk: Gas Sintesis, Minyak Pirolisis
Peluang Penanganan Sampah	80 %	80 % s.d. 90 %	80 % s.d. 90 %
Fase Gas	$\text{N}_2, \text{O}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2$	$\text{CH}_4, \text{H}_2, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}$	$\text{HC}, \text{CO}, \text{N}_2, \text{H}_2, \text{H}_2\text{O}$
Fase Padat	Slag, Ash	Slag, Ash	Coke, Ash
Fase Cair			Pirolisis oil, water
Sisa dari Proses	Sisa APC, Besi, Ash	Sisa APC, Ash	Ash, Sisa APC, Arang
Resiko Operasi	Kegagalan Bagian/Komponen (resiko rendah)	Gas Sintesis butuh dibersihkan karena memiliki resiko cukup tinggi pada kegagalan bagian	Gas Sintesis butuh dibersihkan karena memiliki resiko cukup tinggi pada kegagalan bagian

Selanjutnya, telah dilakukan pengembangan terhadap teknologi konversi sampah yaitu dengan penerapan Teknologi Hidrotermal dan Teknologi Gasifikasi Plasma sebagai berikut:

#### 1. Teknologi Hidrotermal

Cara kerjanya yaitu biomassa/sampah tercampur ke reaktor (uap jenuh  $200^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 2 Mpa). Selanjutnya pencampuran dalam reaktor 1 jam, penahanan temperatur dan tekanan reaktor. Keluarannya berupa sludge homogen lalu dikeringkan untuk dijadikan energi pada reaktor sehingga menghasilkan energi thermal/dapat konversi ke energi listrik [12].

#### 2. Teknologi Gasifikasi

Prinsip kerjanya melalui ionisasi gas (gas sintesis) mengkompresi sampah dan menghasilkan *Syngas & Vitriified Slag* lalu menghasilkan energi listrik,

dimana degradasi material melalui proses termo-kimia (dihasilkan produk padat, cair dan gas tanpa pembakaran).

Proses PLTSa Gasifikasi adalah sebagai berikut:

- Sampah dihancurkan kasar, kaca termasuk logam dilakukan pemisahan.
- Dilakukan pengeringan  $200^{\circ}\text{C}$  dari sumber panas yang dimanfaatkan lagi dari reaktor gasifikasi.
- Proses gasifikasi pada sampah yang telah dicampur sehingga menghasilkan *Syn-gas* panas lalu dilakukan pendinginan untuk dibersihkan kontaminan agar energi menjadi optimal.
- Produk Gas yang dihasilkan mengoperasikan turbin lalu konversi menjadi listrik.



### 3.5 Manfaat dan Potensi Pengembangan Teknologi Konversi Sampah menjadi Energi di Indonesia

Pengembangan Teknologi Konversi Sampah menjadi Energi yang selama ini menggunakan Teknologi Termal kemudian dikembangkan dengan memanfaatkan keunggulan Teknologi Gasifikasi Plasma (melalui PLTSa) sangat bermanfaat untuk pengolahan sampah secara efektif dan mengurangi dampak emisi pada lingkungan serta dapat menghasilkan alternatif energi listrik sebagai energi berkelanjutan.

Pengelolaan sampah dengan sistem PLTSa adalah salah satu terobosan penanganan sampah yang telah diterapkan di Indonesia. Contoh penerapannya yaitu di TPA Benowo-Surabaya yang mengoptimalkan sampah menjadi energi terbarukan. Sebelum penerapan dan pengembangan teknologi PLTSa, kondisi di lingkungan sekitar TPA Benowo-Surabaya sangat parah dengan timbunan gunung sampah menyebabkan berbagai permasalahan.

Dari volume sampah Kota Surabaya yang masuk ke TPA Benowo sebesar 1.500 ton/hari, sebagian besar telah dikelola menjadi energi listrik hingga 2 MW, dimana menggunakan sistem teknologi *Landfill Gas Collection*. Sampah-sampah di TPA Benowo yang telah terkumpul diolah sehingga menghasilkan Gas Metana (CH<sub>4</sub>). Gas Metana ini menjadi bahan baku utama pada pembangkit listrik. Sistem teknologi *Landfill Gas Collection* yang terdapat di TPA Benowo menghasilkan listrik sebesar 2 MW/hari.

Selanjutnya, TPA Benowo-Surabaya juga telah mengembangkan dan mengimplementasikan sistem Teknologi Gasifikasi dalam pengolahan sampah dan juga mengkonversi menjadi listrik serta aman terhadap lingkungan. Jadi pada TPA Benowo-Surabaya telah digunakan dan

dikembangkan teknologi pengolahan sampah yaitu Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection* dan Sistem Teknologi Gasifikasi. Teknologi *Landfill Gas Collection* dan pengembangan melalui Teknologi Gasifikasi mempunyai proses yang berbeda dalam proses pengolahan sampah menjadi listrik.

Proses pada sistem *Landfill Gas Collection* yaitu sampah yang telah tertumpuk pada lokasi tertentu di TPA Benowo dipadatkan dan didiamkan sekitar 3 (tiga) minggu sampai dengan 1 (satu) bulan sehingga menghasilkan Gas Metana (CH<sub>4</sub>) yang kemudian bisa diproses selanjutnya dengan mengalirkan Gas Metana tersebut melalui pipa ke mesin pembangkit listrik lalu terhubung ke jaringan listrik PLN.

Selanjutnya, pada pengembangan teknologi pengolahan sampah di TPA Benowo yaitu dengan Sistem Teknologi Gasifikasi prosesnya berbeda dengan Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection*, yaitu dilakukan pembakaran pada sampah yang terkumpul dan menghasilkan arang lalu arang tersebut dipanaskan sampai dengan 1.000 °C untuk memanaskan air hingga mendidih dan menghasilkan uap yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin pembangkit yang terhubung dengan generator dan akhirnya memberi keluaran energi listrik.

Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection* telah digunakan sejak tahun 2015 (output listrik 2 MW), sementara Sistem Teknologi Gasifikasi diterapkan pada tahun 2020 yang dapat menghasilkan listrik sebesar 12 MW dari sampah 1.000 ton/hari.

Dari kedua teknologi pengelolaan sampah ini dapat dilakukan pengembangan dan peningkatan menjadi lebih baik lagi dan signifikan menangani permasalahan sampah sehingga bermanfaat tepat guna bagi masyarakat dan lingkungan.

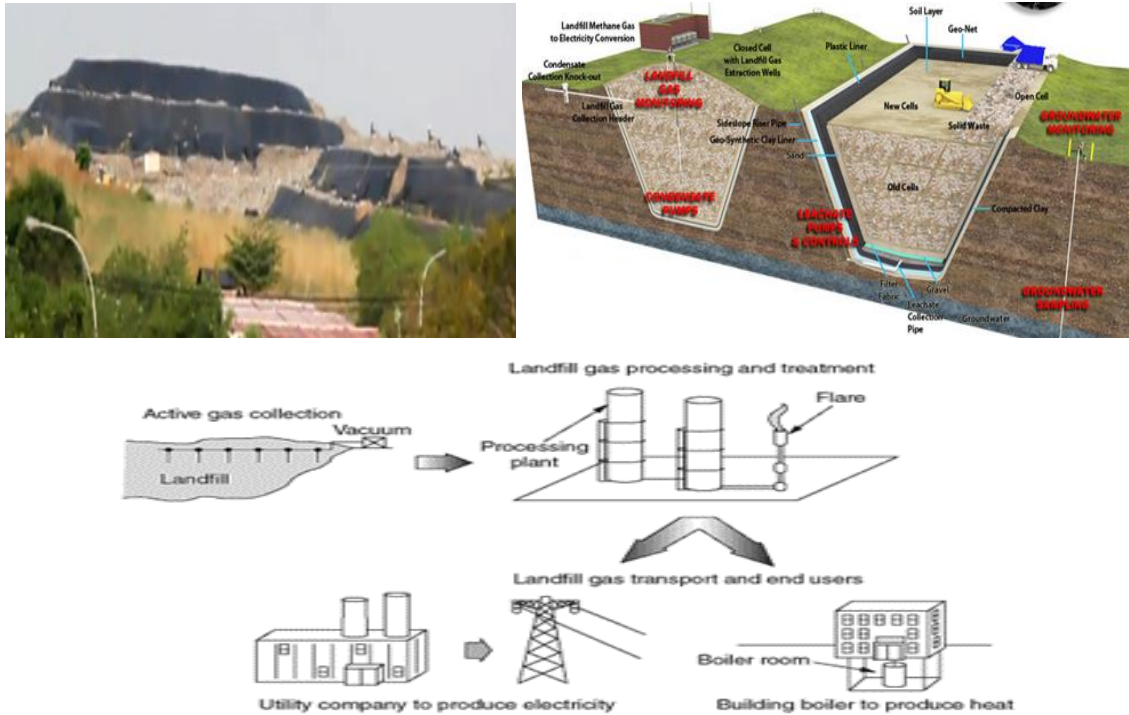
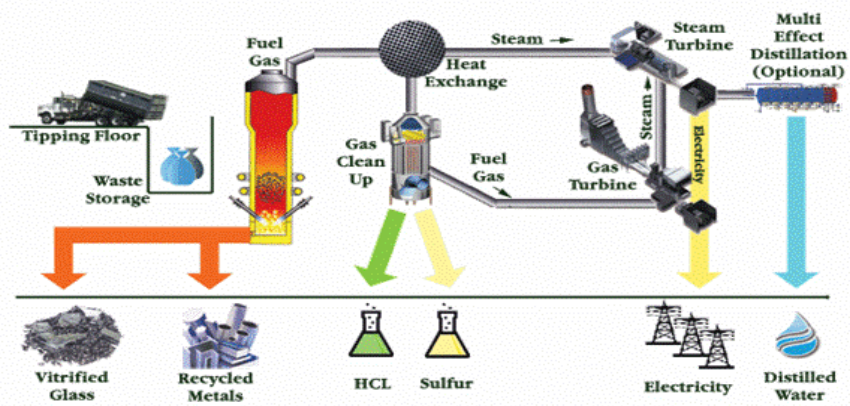


FIGURE 12.2 Landfill gas systems.  
<http://www.epa.gov/landfill/over-photos.htm#4>

Gambar 5. Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection* [13]



Gambar 6. Sistem Teknologi Gasifikasi [13]

### 3.6 Hasil Analisis

Berdasarkan uraian pembahasan tersebut terutama pada contoh pengolahan sampah pada TPA Benowo-Surabaya, maka dihasilkan analisis sebagai berikut:

1. Pengadaan Teknologi  
Pengadaan teknologi pada sistem pengolahan sampah telah menjadi terobosan untuk mengolah sampah menjadi listrik (PLTSa), dimana terdiri dari Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection* dan Sistem Teknologi Gasifikasi.
2. Pengembangan Teknologi  
Adanya optimasi pengembangan teknologi untuk menjadikan pengelolaan sampah menjadi lebih efektif dan menghasilkan listrik dari konversi sampah. Pengembangan Teknologi ini melalui optimasi dari Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection* ke Sistem Teknologi Gasifikasi, dimana menghasilkan listrik yang lebih besar serta ramah lingkungan dan membutuhkan jangka waktu yang lebih singkat dari teknologi *Landfill Gas Collection*.
3. Reformasi Birokrasi dan Organisasi  
Tata kelola yang baik dan menyeluruh (Pemerintah, Stakeholder, Struktur Organisasi, dan Kondisi Sosial Masyarakat) ini ditunjukkan dengan kerjasama berbagai pihak dalam pengelolaan sampah yaitu Pemerintah Kota Surabaya dan Masyarakat, Pengelola TPA Benowo (PT Sumber Organik), dan PT PLN (Persero) untuk pendistribusian listrik yang dihasilkan.
4. Kebijakan Baru  
Kebijakan baru dalam terobosan pengelolaan sampah yaitu dengan adanya kebijakan optimasi pemanfaatan PLTSa dalam pengelolaan sampah sehingga selain untuk mengelola sampah juga dapat menghasilkan listrik (energi terbarukan).

### 4. KESIMPULAN

Optimasi pengembangan teknologi konversi sampah dari Sistem Teknologi *Landfill Gas Collection* ke Sistem Teknologi Gasifikasi adalah lebih efektif dan signifikan dalam penanganan sampah khususnya di TPA Benowo-Surabaya, yaitu sampah terkelola 96,48% pada tahun 2020 sekaligus menghasilkan energi listrik dari 12 MW dari sampah 1.000 ton/hari dimana sebelumnya *Landfill Gas Collection* hanya menghasilkan listrik 2 MW/hari.

### 5. SARAN

Pengembangan teknologi konversi sampah menjadi energi harus saling melengkapi dengan optimasi penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) pada sistem penanganan sampah yang terintegrasi serta mendukung energi berkelanjutan di Indonesia.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Redaksi Jurnal TEKNIKA Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan, sehingga kajian ini dapat diterbitkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3, 2020, Sumber Informasi Pengelolaan Sampah Nasional 2020 Kementerian Lingkungan Hidup, <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/#>, diakses tgl 7 Mei 2021.
- [2] Cokorde Gede Indra Partha, 2010, Penggunaan Sampah Organik Sebagai Pembangkit Listrik di TPA Suwung – Denpasar, *Jurnal Teknologi Elektro Universitas Udayana Bali Vol. 152 9 No.2 Juli - Desember 2010*.

- [3]Kementerian PUPR, Presentasi Direktorat Cipta Karya (2018), *Pengelolaan Sampah untuk Mendukung Infrastruktur Pemukiman* Jakarta.
- [4] A B R Indah, S Bahri, Mulyadi, 2020, Sosialisasi Pengelolaan Sampah Sebagai Bahan Bakar untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dengan Sistem Strategic Partner, *Jurnal Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat Volume 3, Nomor 2, Tahun 2020*.
- [5]Monice, Perinov, 2016, Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Pekanbaru, *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri, Vol. 1 No. 1, Desember 2016, pp. 9 – 16*.
- [6]Thomas Halvorsen, Per Koch and Johan Hauknes, 2005, Innovation in the Public Sector, *Publin Report No. D20*.
- [7]Robert M.W. Ferguson, Frederic Coulon, Raffaella Villa, (2016), Organic loading rate: A promising microbial management tool in anaerobic digestion, *Water Research*, 100, pp. 348- 356.
- [8]Samsinar, Khaerul Anwar, 2018, Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 kW (Studi Kasus Kota Tegal), *Jurnal Elektum Vol.15 No.2*.
- [9]Kementerian ESDM Republik Indonesia, Dirjen Energi Baru dan Terbarukan serta Konservasi Energi , 2016, *Buku Panduan Sampah menjadi Energi*, Jakarta.
- [10] Yousheng Lin, Xiaoqian Ma , Xiaowei Peng, Zhaosheng Yu, Shiwen Fang, Yan Lin, dan Yunlong Fan, 2016, Combustion, pyrolysis and char CO<sub>2</sub>-gasification characteristics of hydrothermal carbonization solid fuel from municipal solid wastes, *Fuel*, 181, pp. 905–915.
- [11] Veronica Benavente, Andres Fullana, dan Nicole D. Berge, 2017, Life cycle analysis of hydrothermal carbonization of olive mill waste: Comparison with current management approaches, *Journal of Cleaner Production*, 142, pp. 2637-2648.
- [12] Thomas Fruergaard Astrup, Davide Tonini, Roberto Turconi, dan Alessio Boldrin, 2015, Life cycle assessment of thermal Waste-to-Energy technologies: Review and recommendations, *Waste Management*, 37, pp. 104–115.
- [13] Anik Mukholatin Hasanah, 2020, PLTSa Benowo dan Listrik 12 Megawatt Hasil Pengolahan Sampah di Surabaya, <https://www.mongabay.co.id/2020/08/26/pltsa-benowo-dan-listrik-12-megawatt-hasil-pengolahan-sampah-di-surabaya/>, diakses tgl 23 Juni 2021.