

**POTENSI PEMANFAATAN SAMPAH MENJADI LISTRIK  
DI TPA CILOWONG KOTA SERANG PROVINSI BANTEN**

***THE POTENCY OF USING WASTE TO GENERATE ELECTRICITY  
IN TPA CILOWONG, SERANG BANTEN***

Faridha, Budi Pirngadie, Nina Konitat Supriatna  
Puslitbangtek Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi  
Jl. Cileduk Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan, 12230  
[faridharh@gmail.com](mailto:faridharh@gmail.com)

**Abstrak**

Sampah di Indonesia akan terus menjadi persoalan selama tidak ada upaya pengelolaan yang optimal untuk mengatasinya. Permasalahan sampah memberikan dampak pada banyak aspek kehidupan tidak saja pada aspek lingkungan, tapi juga estetika, kesehatan, sosial maupun dampak lanjutan lainnya dan Pemerintah pun telah mengatur pengelolaan sampah di Indonesia melalui Undang Undang No. 18 Tahun 2008. Dalam mengelola sampah ada beberapa cara yang dapat dilakukan, salah satunya adalah memanfaatkan sampah menjadi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pemanfaatan sampah menjadi listrik dari sampah yang masuk ke TPA Cilowong Kota Serang. Metodologi yang dilakukan adalah dengan melakukan survey dan pengambilan sampel sampah di TPA Cilowong, pemeriksaan sampel di laboratorium dan melakukan perhitungan untuk mengetahui potensi listrik yang dihasilkan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa sebagian besar sampah yang ada di TPA Cilowong merupakan sampah organik yaitu 70,99%, dengan jumlah sampah yang masuk ke TPA Cilowong Kota Serang sebanyak 120 ton/hari menghasilkan listrik sebesar 2,19 MW (konversi thermokimia) dan sebesar 1,09 MW (konversi biokimia).

**Kata kunci :** *Sampah, Cilowong, Listrik*

**Abstract**

*Solid waste in Indonesia will continue to be a problem as long as there are no optimal management efforts to overcome them. Solid waste problems have an impact on many aspects of life not only on environmental aspects, but also aesthetic, health, social and, further impacts. the Government also has set up Waste Management in Indonesia through Act of Number 18 Year 2008. Solid waste management includes several ways to solve this problem, one of them is to convert waste into electricity. This study aims to identify potential utilization of waste in Cilowong, Serang city to convert into electricity. The methodology are survey and sampling of solid waste in the Cilowong landfill, examination of samples in the laboratory, and do the calculations to determine the potential of the electricity generated. Research results show that most of the waste in the Cilowong landfill is organic waste with the amount of 70.99%. Solid waste rate of 120 tons/day solid waste from Cilowong, Serang can produce 2.19 MW of electricity (thermochemical conversion) and 1.09 MW of electricity (biochemical conversion) .*

**Keywords:** *waste, cilowong, electricity*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pengelolaan sampah di Indonesia telah diatur dalam Undang-Undang No 18 tahun 2008, dengan tujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Dalam Undang-Undang tersebut pengelolaan sampah didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Namun demikian cara sederhana kumpul-angkut-buang masih banyak diterapkan di Indonesia. Banyak TPA di Indonesia yang seharusnya dikelola dengan sistem *sanitary landfill* atau *controlled landfill*, seringkali dioperasikan secara *open dumping*.

Hal ini dikarenakan terbatasnya dana untuk menyediakan tanah penutup serta untuk mengoperasikan alat-alat berat. Salah satu penyebab lainnya adalah persepsi bahwa sampah adalah barang sisa yang tidak mempunyai manfaat lagi, sehingga pengelolaan sampah selalu dianggap *cost centre*, sehingga ada anggapan bahwa semakin banyak sampah yang dikelola, maka akan semakin banyak biaya yang harus dikeluarkan untuk mengelolanya.

Seperti halnya di banyak tempat di Indonesia, pengelolaan sampah di Kota dan Kabupaten Serang masih bersifat *kumpul-angkut-buang*. Sampah yang terangkut di Kota Serang baru mencapai 41% dari seluruh timbulan sampah, sedangkan di Kabupaten Serang, sampah yang terangkut dari kawasan perkotaan baru mencapai 10%. Selain diakibatkan karena kurangnya sarana dan prasarana pengumpulan dan pengangkutan, kurang intensifnya pengelolaan di TPA juga dapat menjadi penyebab rendahnya tingkat pengelolaan di dua daerah

tersebut.

Pemanfaatan sampah menjadi energi sebenarnya merupakan salah satu solusi dari persoalan diatas, dimana sampah tidak menjadi beban tetapi memberikan alternatif penyediaan energi bagi lingkungan di sekitarnya. Tentu saja cara ini bukan satu-satunya cara yang terbaik dari pengelolaan sampah di bagian hilir, tetapi merupakan alternatif yang tidak bisa diabaikan begitu saja, karena jika pada kondisi yang tepat dengan pengelolaan/manajemen yang baik maka solusi ini akan memberikan keuntungan pada banyak pihak.

### Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi pemanfaatan sampah menjadi energi listrik dari sampah yang masuk setiap harinya ke TPA Cilowong Kota Serang. Adapun tujuannya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPA Cilowong Kota Serang;
2. Mengetahui parameter teknis yang terkait dengan potensi pemanfaatan sampah menjadi energi dari sampah yang masuk ke TPA Cilowong Kota Serang;
3. Mendapatkan hasil perhitungan potensi energi listrik dari pengolahan sampah di TPA Cilowong Kota Serang.

### Tinjauan Pustaka

Secara umum, konsep pemanfaatan sampah dapat dibagi menjadi tiga, yaitu: konsep pemanfaatan kembali (*recycle*), penggunaan kembali materi (*re-use*) dan pemulihan energi (*energi recovery*) yang terkandung dalam sampah.

#### 1. Reuse

*Reuse* diartikan sebagai upaya memperpanjang penggunaan suatu produk

baik dalam bentuk semula maupun bentuk yang sudah dimodifikasi. *Reuse* dapat dilakukan dengan cara memperbaiki produk yang sudah rusak atau habis masa pakainya, misal vulkanisir ban. *Reuse* juga dapat dilakukan dengan menggunakan kemasan suatu produk untuk digunakan menjadi kemasan produk lain, misalnya botol air mineral yang dipakai untuk menjadi botol cat. Pelaksanaan *reuse* tidak mengembalikan produk tersebut ke industri. Upaya *reuse* lebih dekat pada upaya mengurangi jumlah sampah<sup>[1]</sup>.

## 2. *Recycle*

Sampah yang tidak dapat dipakai lagi mulai masuk ke aliran pengelolaan sampah. Beberapa jenis sampah seperti plastik dan kertas, dengan suatu teknologi tertentu, dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku suatu produk. Proses yang mengubah sampah tersebut menjadi bahan baku industri lain disebut *recycle* atau daur ulang<sup>[1]</sup>.

Aktivitas industri *recycle* terdiri dari 5 kesatuan usaha yang bekerja secara serempak untuk menghasilkan material daur ulang yang siap menjadi bahan baku kegiatan industri. Kesatuan usaha tersebut adalah:

- a. Pengumpulan dan transportasi: usaha atau kegiatan ini dimaksudkan untuk mengumpulkan dan mengangkut sampah dari berbagai sumber sampah.
- b. *Material Recovery Facility* (MRF): usaha ini adalah suatu bentuk usaha yang menyediakan fasilitas khusus yang didesain untuk menerima, memisahkan dan memproses sampah menjadi bahan baku suatu kegiatan industri.

- c. Konsolidator dan depot: kegiatan ini berfungsi seperti MRF namun pada konsolidator tidak terdapat kegiatan pemilahan.
- d. Broker material (pengumpul): adalah jenis usaha dengan aktivitas utama membeli produk usaha daur ulang, khususnya dari MRF dan Konsolidator dan menjualnya ke industri yang memanfaatkan hasil industri daur ulang tersebut sebagai bahan baku.
- e. Fasilitas pemrosesan: adalah industri penghasil barang-barang yang berbahan baku dari produk-produk daur ulang<sup>[2]</sup>.

## 3. *Recovery*

*Recovery* (pemulihan kembali) material atau energi dapat dilakukan melalui berbagai bentuk. Secara prinsip *recycle* dan *recovery* mempunyai kesamaan yaitu mengembalikan kembali material ke suatu industri sedangkan perbedaannya adalah *recycle* memerlukan pemisahan material yang akan didaur ulang dari sampah, sedangkan *recovery* tidak memerlukan upaya pemisahan tersebut<sup>[1]</sup>. Salah satu bentuk konsep *recovery* adalah pemanfaatan sampah menjadi energi.

Sampah mengandung material organik dan material anorganik. Energi yang terkandung dalam fraksi organik dapat dipulihkan melalui suatu pengelolaan yang terpolo. Pemulihan energi dari sampah juga menghasilkan beberapa keuntungan :

- a. Kuantitas total dari sampah dapat dikurangi sebanyak 60%-90% tergantung dari komposisi sampah dan teknologi yang digunakan.
- b. Kebutuhan lahan, yang biasanya sukar didapatkan di perkotaan, dapat dikurangi.

- c. Biaya transportasi dapat dikurangi secara proporsional.
- d. Pencemaran lingkungan berkurang.

Energi dapat dipulihkan dari fraksi organik sampah (*biodegradable* dan *non biodegradable*) melalui dua metoda berikut:

- a. Konversi Termokimia: Proses ini melalui dekomposisi material organik secara termal untuk memproduksi energi panas dan gas.
- b. Konversi biokimia : proses ini didasarkan kepada dekomposisi *enzimatik* dari material organik oleh aktivitas mikrobiologi untuk memproduksi gas metan atau alkohol.

Proses konversi termokimia digunakan untuk sampah yang memiliki persentasi material organik *non biodegradable* yang tinggi serta kadar air yang rendah. Teknologi penting yang termasuk dalam kategori ini adalah: insenerasi dan pirolisis/gasifikasi. Adapun konversi biokimia dipilih untuk sampah yang memiliki persentase material organik *biodegradable* yang tinggi dan kadar air tinggi. Teknologi utama kategori ini adalah *anaerobic digestion* atau sering juga disebut biometanisasi.

Parameter utama yang menentukan potensi pemulihan energi dari sampah, termasuk sampah kota, adalah jumlah/ kuantitas sampah dan karakteristik fisik kimia (kualitas) sampah. Energi aktual yang dihasilkan akan tergantung dari pengolahan spesifik dan karakteristik yang berkaitan dengan parameter utama diatas. Karakteristik fisik dimaksud adalah ukuran (*size of constituents*), kepadatan (*density*) dan kadar air. Semakin kecil ukuran sampah akan mempercepat penguraian sampah tersebut. Sampah dengan kepadatan tinggi mereflesikan kadar organik *biodegradable* dan kadar air

yang tinggi. Disisi lain kepadatan yang rendah menunjukkan proporsi kehadiran plastik, kertas dan bahan mudah terbakar lainnya. Kadar air tinggi mengakibatkan fraksi sampah *biodegradable* lebih cepat terurai dibandingkan dalam kondisi kering. Hal ini menunjukkan pula bahwa sampah dengan kadar air yang tinggi tidak cukup layak untuk konversi termokimia seperti insenerasi dan pirolisis<sup>[3]</sup>.

Parameter kimia penting yang menentukan dalam melihat potensi pemulihan energi dan kelayakan pengolahannya melalui upaya konversi biokimia atau termokimia adalah: volatil solid, kandungan karbon, nilai kalor, rasio C/N dan *toxicity*.

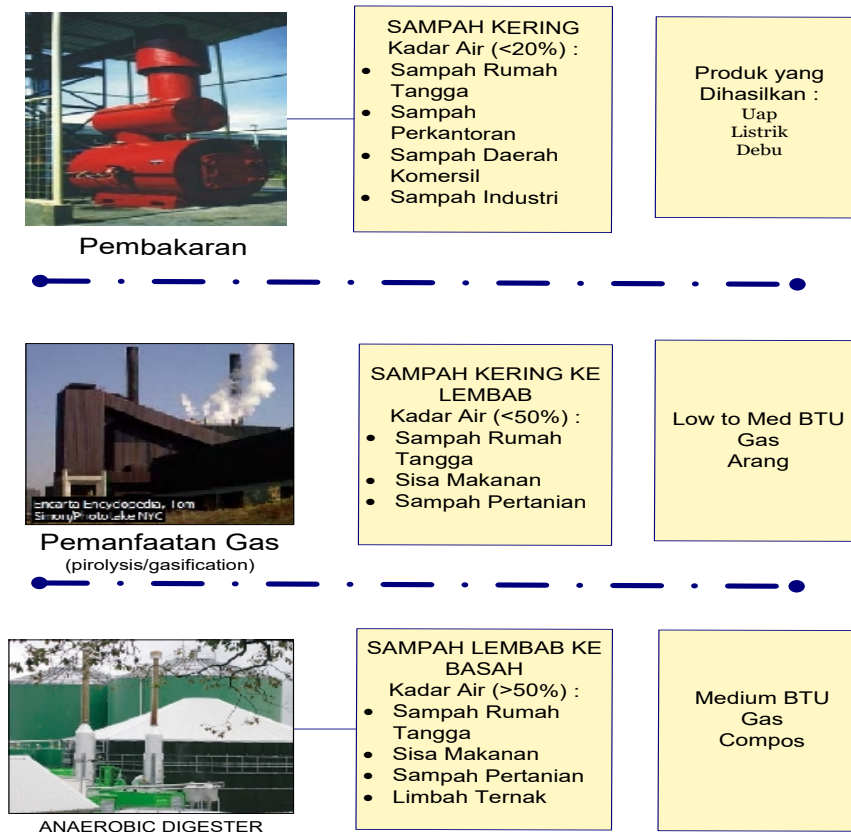
Tabel 1 memperlihatkan parameter dan kisaran nilainya untuk menentukan metode pengolahan sampah. Tabel ini merupakan salah satu cara awal untuk menganalisis pertimbangan pemilihan teknologi.

Tabel 1. Parameter Teknis untuk Penentuan Metode Pengolahan Sampah <sup>[4]</sup>

Metode Pengolahan Sampah	Prinsip Dasar	Parameter Penting Sampah	Kisaran Nilai yang Menentukan
Konversi termokimia: Insenerasi, Pirolisis, Gasifikasi	Penguraian material organik dengan pemanasan	Kadar air Material organik Fix karbon Nilai kalori bersih	< 45% > 40% < 15% > 1200 Kcal/kg
Konversi Biokimia: Anaerobik digestion/ biometanisasi	Dekomposisi material organik	Kadar air Material organik C/N rasio	>50% >40% 25-30

Secara ilustrasi pemanfaatan sampah menjadi energi dapat dilihat pada Gambar 1.

## Potensi Pemanfaatan Sampah Menjadi Listrik di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten



Gambar 1. Alternatif Teknologi Pemanfaatan Sampah Menjadi Energi <sup>[5]</sup>.

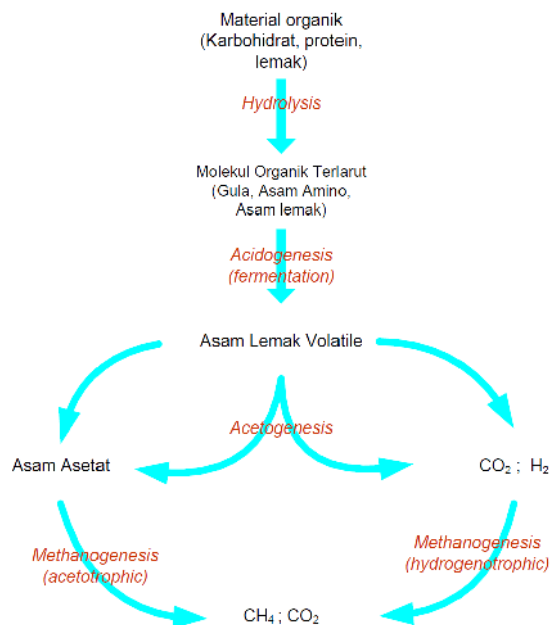
Berdasarkan gambar tersebut, untuk kondisi sampah di Indonesia yang relatif basah, maka teknologi pemulihan energi yang tepat diterapkan adalah *Anaerobic Digester* (AD).

AD adalah proses biologis yang sering terjadi/dimanfaatkan pada pengolahan air limbah untuk mendegradasi dan menstabilkan lumpur. Secara umum AD sudah lama digunakan, khususnya di daerah perdesaan, untuk memproduksi biogas yang hasilnya dipakai untuk memasak dan penerangan. Di China dan India, AD dengan skala kecil sudah banyak dipakai untuk mengolah limbah rumah tangga sekaligus untuk mendapatkan biogasnya. Sedangkan untuk skala besar (perkotaan), saat ini sudah banyak negara-negara maju di Eropa yang menerapkan metoda ini untuk mengelola sampah perkotaannya

sekaligus mendapatkan hasil samping berupa biogas yang dimanfaatkan untuk penggerak generator listrik.

Biodegradasi unsur-unsur organik adalah hal yang umum terjadi di alam, proses ini selalu melibatkan mikroorganisme. Jika material organik diuraikan oleh bakteri aerob maka prosesnya disebut oksidasi dan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

Apabila prosesnya dilakukan oleh mikroorganisme anaerob, dengan tanpa kehadiran oksigen, maka bahan organik didegradasi oleh mikroba tersebut menjadi CO<sub>2</sub> dan Methan<sup>[6],[7],[8]</sup>. AD pada material organik dilakukan oleh sekumpulan mikroorganisma secara sinergis. Proses *digestion* terdiri dari 4 tahapan, yaitu: *Hydrolysis*, *Acidogenesis*,

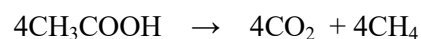


Gambar 2. Proses dan Pola *Anaerobic Digestion*<sup>[6]</sup>

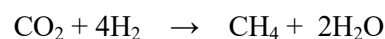
*Acetogenesis*, dan *Methanogenesis*, tahapan tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.

1. Proses *hydrolysis*, protein makro molekul berukuran besar, seperti lemak dan polimer karbohidrat (sukrosa dan tepung) dipecah melalui proses *hidrolysis* menjadi asam amino, asam lemak, dan gula.
2. Berikutnya, zat/unsur hasil proses *hydrolysis* tersebut difermentasikan dalam proses *acidogenesis* untuk membentuk tiga, empat dan lima *carbon volatile fatty acid*, seperti *lactic*, *butyric*, *propionis* dan asam *volaric*.
3. Tahap selanjutnya adalah *acetogenesis*. Pada proses ini bakteri mengkonsumsi hasil fermentasi dan menghasilkan asam asetat, karbon dioksida, dan hidrogen.
4. Akhirnya, organisme *methanogenetik* meng-konsumsi asetat, hidrogen, dan karbon dioksida untuk memproduksi metan.

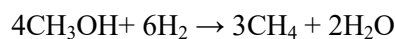
Terdapat 3 pola biokimia yang terjadi pada tahapan *methanogenesis* ketika memproduksi gas metan, pola tersebut adalah: *acetotrophic methanogenesis*:



*Hydrogenotrophic methanogenesis*:



*Methylotropicmethanogenesis*:



## METODOLOGI

### Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi sampling dilakukan di TPA Cilowong, Kab Serang, Provinsi Banten. Pengambilan sampling dilakukan pada bulan April 2015.

### Sampling dan Analisa

Pada dasarnya metode yang diterapkan pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai pada parameter teknis pemulihan energi. Untuk tujuan tersebut maka dilakukan kegiatan mencakup tiga hal, yaitu : pengumpulan data sekunder untuk mengetahui jumlah sampah yang masuk ke TPA Cilowong Kota Serang, pengambilan sampel sampah di TPA Cilowong, pemeriksaan sampel di laboratorium.

## Potensi Pemanfaatan Sampah Menjadi Listrik di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten

Pengambilan sampel di TPA dimaksudkan untuk dua hal, yaitu: pengambilan sampel untuk pemeriksaan setempat yaitu pemeriksaan berat jenis sampah (*densitas*) dan komposisi sampah serta pengambilan sampel untuk diperiksa di laboratorium.

### Metode Pengambilan Sampel, Pengukuran Berat Jenis dan Komposisi Sampah

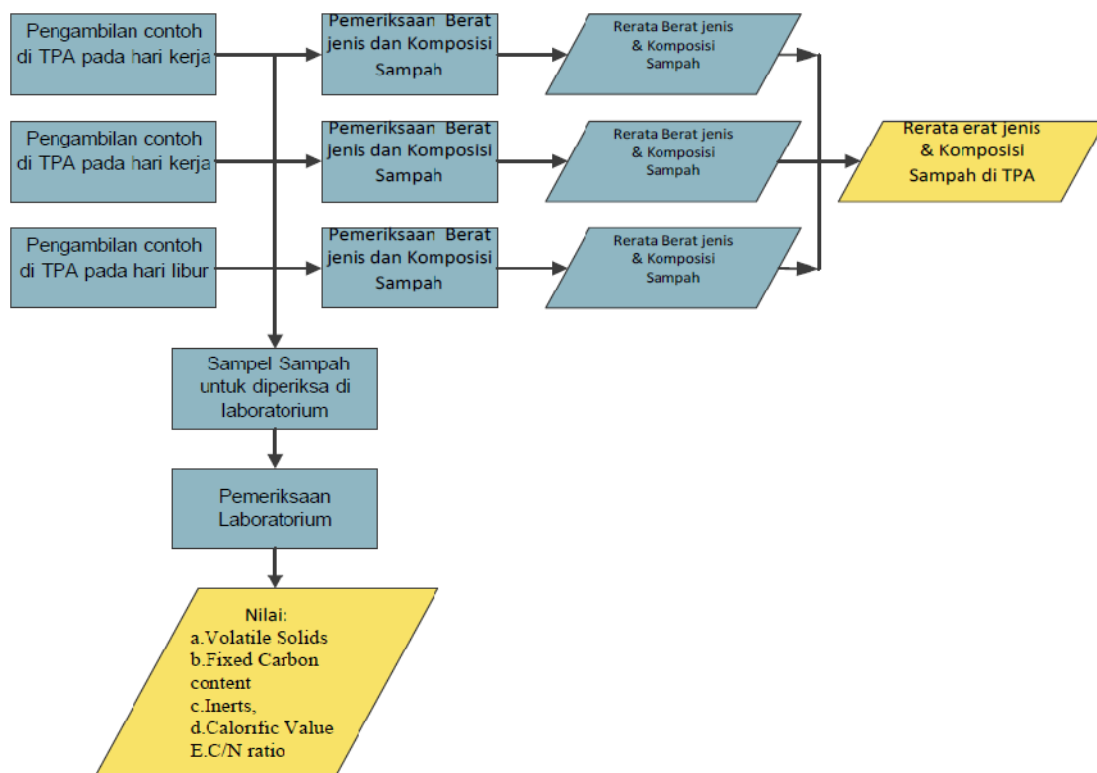
Secara umum pengambilan sampel sampah di TPA dan kepentingannya dapat dilihat pada Gambar 3. Metode pengambilan sampel, pengukuran berat jenis dan komposisi sampah dilakukan sebagaimana langkah-langkah berikut:

- Sampel diperoleh dari truk pengangkut sampah, jumlah truk yang akan diambil sampelnya adalah 10% dari jumlah truk pengangkut sampah yang masuk ke TPA.
- Dari setiap truk sampah, diambil 10 kg

sampah dan diaduk secara sempurna.

- Sampah dimasukkan ke dalam wadah dengan volume tertentu lalu ditimbang untuk menghitung densitasnya (satuan berat/satuan volume).
- Sampah dari setiap truk dicampurkan lagi secara merata dan diambil 10 kg untuk dilakukan perhitungan komposisi.
- Kemudian dilakukan penimbangan setiap komponen komposisi sampah untuk mendapatkan persentase setiap komponen.

Pengambilan sampel dilakukan secara berturut selama 3 hari: 1 hari untuk sampah hari Minggu (diamati hari Senin) dan 2 hari sampah hari kerja. Dihitung rata-rata berat jenis dan komposisi sampah selama 3 hari pengamatan. Sampah setiap hari, diambil masing-masing 1 kilogram untuk pemeriksaan di laboratorium, pemeriksaan di laboratorium dilakukan untuk mengukur kadar parameter



Gambar 3. Tahapan Pengambilan Sampel Sampah di TPA

kadar air, volatile, fixed karbon, total karbon, nilai kalori dan C/N ratio. Tabel 2 menunjukkan parameter yang diperiksa dan metode yang digunakan.

Tabel 2. Parameter dan Metode Pengujian

Parameter	Unit	Method
Total Moisture	%, ar	ASTM D3302-12
<b>Proximate Analysis :</b>		
- Moisture in Analysis	%, adb	ASTM D3173-11
- Volatile Matter	%, adb	ISO 562-2010
- Fixed Carbon	%, adb	ASTM D3172-13
Gross Calorific Value	Kcal/kg, adb	ASTM D5865-13
Gross Calorific Value	Kcal/kg, ar	ASTM D5865-13
<b>Ultimate Analysis :</b>		
Carbon (C)	%, adb	ASTM D5373-14
Hydrogen (H)	%, adb	ASTM D5373-14
Nitrogen (N)	%, adb	ASTM D5373-14
Oxygen (O)	%, adb	ASTM D3176-09

### Peralatan dan Perlengkapan

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan terdiri dari :

1. Alat pengambil contoh berupa kantong plastik dengan volume 40 liter;
2. Timbangan (0 – 5) kg dan (0 – 100) kg;
3. Alat pengukur, volume contoh berupa bak berukuran (1,0 m x 0,5 m x 1,0 m) yang dilengkapi dengan skala;
4. Perlengkapan berupa alat pemindah (seperti sekop) dan sarung tangan.

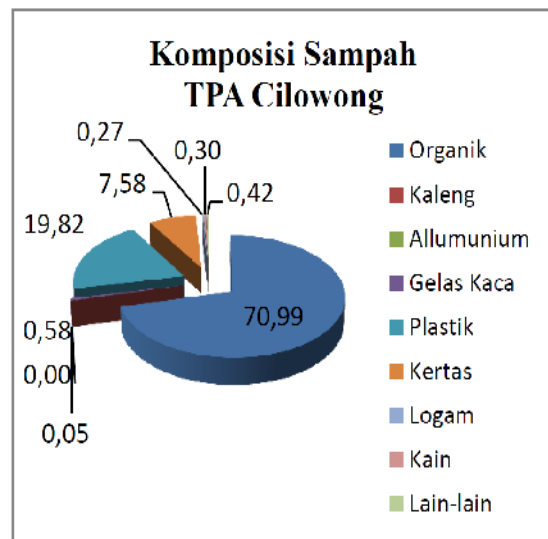
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jumlah Timbulan Sampah

Berdasarkan Studi Kelayakan TPA Regional Provinsi Banten tahun 2012, didapatkan informasi dari Catatan Kantor UPTD TPSA Cilowong menjelaskan bahwa setelah pemekaran wilayah Kabupaten Serang dan Kota Serang diperkirakan timbulan sampah yang masuk TPA Cilowong adalah 528 m<sup>3</sup>/hari. Timbulan sampah tersebut hampir ± 80% berasal dari wilayah Kota Serang dan sisanya ± 20% berasal dari wilayah Kabupaten Serang.

### Hasil Pengamatan Lapangan dan Analisis Laboratorium

Berdasarkan hasil pengambilan sampel di TPA Cilowong Kota Serang diperoleh hasil seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Komposisi Sampah TPA Cilowong

Pada saat pengamatan komposisi sampah, juga dilakukan pengamatan terhadap berat jenis sampah, dan dihasilkan data bahwa berat jenis sampah yang masuk ke TPA Cilowong rata-rata adalah sebesar 227 kg/m<sup>3</sup> sampah.



Potensi Pemanfaatan Sampah Menjadi Listrik  
di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten

Adapun hasil pemeriksaan laboratorium menghasilkan data sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Laboratorium

Parameter	Hasil Pengujian Lab (Rata-rata)
Total Moisture (% ar)	63,33
<b>Proximate Analysis:</b>	
Moisture in Analysis (% adb)	20,47
Volatile Matter (% adb)	53,70
Fixed Carbon (% adb)	10,97
Gross Calorific Value (Kcal/kg, adb)	5626,67
Gross Calorific Value (Kcal/kg, ar)	2543,67
<b>Ultimate Analysis:</b>	
Carbon (C) (% adb)	31,83
Hydrogen (H) (% adb)	6,05
Nitrogen (N) (% adb)	1,70
Oxygen (O) (% adb)	45,36

Dari tabel tersebut dapat disampaikan bahwa ar (*as received*) merupakan kondisi keadaan sampah ketika baru diambil (keadaan asal), adb (*air dried*): kondisi sampah kehilangan air bebasnya (secara teknis, uji analisis dilakukan dengan menggunakan sampel uji yang telah dikeringkan pada udara terbuka).

*Gross Calorific Value* (adb): untuk kondisi ini nilai cenderung tidak menunjukkan besaran kalor yang tepat karena *free moisture* tidak termasuk di dalamnya. *Gross Calorific Value* (ar): analisis untuk kalori pada kondisi ini memasukkan faktor kadar air total.

Untuk menghitung potensi listrik dari sampah kita akan menggunakan nilai kalor NCV

(*Net Calorific Value*) dengan menggunakan data hasil pengujian lab pada Tabel 3. Rumus yang digunakan untuk menghitung NCV sebagai berikut:

$$NCV \text{ ar} = GCV \text{ gross ar} - 92,67 \text{ Btu/lb} * H \text{ ar} \dots(1)$$

$$\text{Btu/lb} = \text{kcal/kg} * 1,8$$

$$NCV \text{ ar} = GCV \text{ gross ar} - (5,72 * (9 * H \text{ ar})) \dots(2)$$

Nilai Har dihitung dengan rumus:

$$H \text{ ar} = [(H \text{ ad} - 0,1119 * M \text{ ad}) * \{(100 - M \text{ ar}) / (100 - M \text{ adb})\}] + 0,1119 * M \text{ ar} \dots(3)$$

M merupakan nilai *moisture*

Sehingga didapat Nilai NCV (ar) = 2.094,06 kcal/kg. Nilai kalor ini yang akan digunakan dalam perhitungan potensi sampah menjadi listrik.

Untuk menganalisis pemilihan teknologi, dilakukan perbandingan data hasil pengujian dengan parameter pada Tabel 1, diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengujian dan Nilai Parameter Teknis

Metode Pengolahan Sampah	Parameter Penting Sampah	Kisaran Nilai yang Menentukan	Hasil Pengujian
Konversi termokimia:	Kadar air Material organik	< 45%	63,33%
		> 40%	70,99%
	Fix karbon Nilai kalori bersih	< 15%	10,97%
		> 1200 Kcal/kg	2543,67 Kcal/kg
Konversi Biokimia:	Kadar air Material organik	>50%	63,33%
		>40%	70,99%
	C/N rasio	25-30	18,72

Berdasarkan pada Tabel 4, menunjukkan bahwa potensi pemulihan energi dengan

metoda konversi termokimia untuk sampah yang masuk ke TPA Cilowong memenuhi kisaran nilai yang menentukan untuk 3 parameter kecuali kadar air yang mempunyai nilai lebih tinggi. Sedangkan untuk metode biokimia memenuhi kisaran nilai untuk dua parameter, sedang parameter C/N dibawah kisaran nilai yang menentukan.

Berdasarkan hal tersebut, maka secara teoritis sampah yang masuk ke TPA Cilowong Kota Serang dapat dimanfaatkan menjadi energi karena sebagian besar parameter teknisnya sudah terlampaui, baik dengan menggunakan teknologi biokimia maupun termokimia, namun demikian perlu *pre-treatment* tertentu untuk penggunaan teknologi yang berbeda.

#### Perhitungan Potensi Pemanfaatan Energi dengan metoda Konversi Thermokimia

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan blok diagram masing-masing alat konversi energi dengan efisiensi masing-masing seperti diperlihatkan pada Gambar 5<sup>[9]</sup>.

Asumsi efisiensi boiler sampah dibuat berdasarkan harga tipikal boiler batubara yang beroperasi dengan sistem yang sama. Asumsi ini dianggap realistis karena pertimbangan efisiensi boiler batubara konvensional yang dapat mencapai 85%. Sedangkan efisiensi turbin uap dibuat berdasarkan efisiensi siklus rankine yang berkisar antara 25%-30%. Maka dipilih angka 25% untuk faktor keamanan dalam perhitungan dan efisiensi generator dipilih

90%<sup>[10]</sup>. Untuk tingkat efisiensi pada boiler atau ketel uap tingkat efisiensinya berkisara anatar 70% hingga 90%<sup>[11]</sup>.

Jumlah Sampah yang masuk ke TPA Cilowong setiap hari adalah sebesar 528 meter<sup>3</sup>/hari, berat jenis sampah = 227 Kg/m<sup>3</sup>, sehingga jumlah sampah yang masuk ke TPA Cilowong sebesar 120 ton/hari dan Nilai NCV (ar) hasil perhitungan sebesar 2094,06 kcal/kg.

Perhitungan Potensi Energi Listrik yang dihasilkan dari TPA Cilowong Kota Serang adalah sebagai berikut:

Energi Termal masuk Boiler:

$$= \text{Nilai kalor} \times \text{Jumlah sampah} \quad \dots(4)$$

Energi termal yang masuk boiler

$$= [(2094,06 \text{ kcal/kg}) \times (120 \text{ ton/hari})] \times (1000 \text{ kg/ton} \times 1 \text{ hari/24 jam})/$$

$$860,420652$$

$$= 12168,82 \text{ kW}$$

Keterangan:

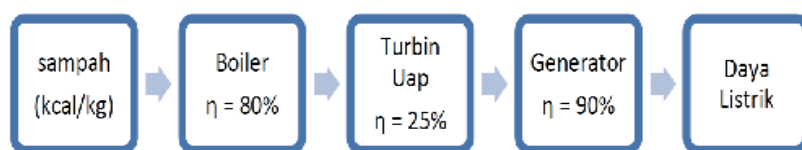
860,420652 merupakan konversi satuan

$$\text{Daya netto} = \text{Energi masuk boiler} \times \eta_b \times \eta_t \times \eta_g \dots\dots(5)$$

$$\text{Daya netto} = 12168,82 \times 0,8 \times 0,25 \times 0,9 = 2190,39 \text{ kW} = 2,19 \text{ MW}$$

#### Perhitungan Potensi Pemanfaatan Energi dengan metoda Konversi Biokimia

Berdasarkan kajian literatur, perhitungan potensi pemulihan energi dari sampah kota melalui konversi biokimia hanya material organik yang bisa diuraikan (*biodegradable*) yang berpengaruh terhadap energi yang dihasilkan. Jumlah biogas dapat diketahui



Gambar 5. Blok Diagram Efisiensi

Potensi Pemanfaatan Sampah Menjadi Listrik  
di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten

melalui pendekatan berikut:

Jumlah total sampah = W ton

Total organik = TO %

Fraaksi organik teruraikan (FO), berkisar 66% dari total organik <sup>[12]</sup>, sehingga

$$FO = 66\% \times TO\% \times W \dots\dots\dots(6)$$

Efisiensi penguraian dalam digester berkisar 60% <sup>[12]</sup>

Biogas yang dihasilkan ( $Bm^3$ ) =  $0,8 \text{ m}^3/\text{kg}$  dari setiap organik (=  $0,80 \times 0,60 \times FO \times W \times 1000$ )

Dengan pendekatan tersebut maka untuk kondisi sampah di TPA Cilowong adalah sebagai berikut:

Sampah Organik yang akan diproses  
=  $120 \text{ ton} \times 70\% = 84 \text{ ton}$

Fraaksi organik teruraikan (*biodegradable*) berkisar 66% dari total organik  
=  $0,66 \times 84 \text{ ton} = 55,5 \text{ ton}$

Biogas yang dihasilkan  
=  $0,8 \text{ m}^3/\text{kg} \times \text{efisiensi digester} \times \text{fraksi organik (kg)}$   
=  $0,8 \times 0,6 \times 55.000 = 26.400 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kisaran gas metan yang terkandung dalam biogas hasil produksi *anaerobic digester* adalah 53-70% selain itu biogas masih perlu dimurnikan sesuai dengan pemanfaatan lanjutannya. Setelah melalui proses pemurnian (*upgrading*), jika kadar metan dalam biogas tersebut diasumsikan sebanyak 60% volume, maka gas metan dengan kadar 95% yang dihasilkan dari proses pemurnian adalah sebanyak  $0,6 \times 0,95 \times 26.400 \text{ m}^3/\text{hari} = 15.048 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Nilai kalori biogas =  $5000 \text{ kcal}/\text{m}^3 = 5,8 \text{ Kwh}/\text{m}^3$  (*typical*)

Potensi pemulihan energi (kWh)  
=  $15.048 \times 5,8 = 87.278 \text{ Kwh}$

Potensi daya listrik (kW)

$$= 87.278 / 24 = 3.636 \text{ kW}$$

Efisiensi konversi = 30%

Potensi daya listrik bersih (kW)

$$= 1090 \text{ kW} = 1,09 \text{ MW}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh potensi sampah menjadi listrik dengan menggunakan *anerobic digester* untuk jumlah sampah 120 ton/hari menghasilkan 1,09 MW.

Konversi biokimia (*Anaerobic Digester*) telah diterapkan di beberapa negara sebagai pembanding di Australia pada tahun 2000 telah dibangun di New York Wales yang mengolah sampah sebesar 187.000 ton/tahun (512 ton/hari) yang menghasilkan listrik 2,3 MW. Di Israel telah dibangun fasilitas *Anaerobic Digester* pada tahun 2002 sampah yang diolah sebanyak 88.000 ton/tahun (241 ton/hari) menghasilkan 2-3 MW). Di India juga telah dibangun di Kota Lucknow tahun 2005, sampah yang diolah sebanyak 165.000 ton/tahun (450 ton/hari) dan menghasilkan 5 MW listrik <sup>[13]</sup>.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa secara teknis di TPA Cilowong Kota Serang terdapat potensi untuk melakukan pengelolaan sampah berbasis pemanfaatan energi. Dari hasil pengamatan lapangan dan hasil penelitian laboratorium didapatkan fakta bahwa sampah yang masuk ke TPA Cilowong memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai energi listrik, hal ini dibuktikan dengan adanya beberapa parameter teknis pemulihan energi yang memenuhi kriteria, baik melalui teknologi termokimia (termal) maupun biokimia.

Jumlah sampah yang masuk ke TPA

Cilowong Kota Serang sebanyak 120 ton setiap harinya secara teoritis dapat menghasilkan listrik sebesar 2,19 MW bila dilakukan dengan teknologi konversi termokimia, dan 1,09 MW melalui teknologi konversi biokimia (*anaerobic digester*).

Untuk dapat mewujudkan pemanfaatan energi dari pengelolaan sampah di TPA Cilowong maka direkomendasikan untuk melakukan penelitian lanjutan terkait dengan upaya untuk memperbaiki parameter yang belum memenuhi syarat, seperti: penelitian untuk mengurangi kadar air dari sampah jika akan dilakukan pemanfaatan energi dengan metoda konversi termokimia, dan upaya meningkatkan C/N Ratio jika akan dilakukan pemanfaatan energi dengan metoda konversi biokimia.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala UPT TPA Cilowong beserta staff yang membantu dan mendampingi di lapangan, seluruh anggota tim studi pemanfaatan sampah menjadi listrik P3TKEBTKE dan semua pihak yang turut membantu.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. El-Haggar, S., 2007. *Sustainable Industrial Design and Waste Management*, Elsevier Science and Technology Books.
- [2]. Franchetti, M. J., 2009. *A Systems Approach: Solid Waste Analysis & Minimization*: Mc Graw Hill Professional.
- [3]. Tsunatu D.Y., Tickson T.S., Sam K. D., Namu J., 2015. *Municipal Solid Waste as Alternative Source of Energy Generation*, International Journal of Engineering and Technology, Volume 5 No. 3, March.
- [4]. Reena, S., Sulagna, S., Sneha, S., 2014. *Energy Recovery from Waste – A Review, Impending Power Demand and Innovative Energy Paths*-ISBN: 978-93-83083-84-8.
- [5]. Worrell, W. A., Vasilind, P. A., 2012. *Solid Waste Engineering*, Cengage Learning, Standford, USA.
- [6]. Deublein, D., Steinhauser, A., 2008. *Bio-gas from Waste and Renewable Resources*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, Germany
- [7]. Monnet, F., 2003. *An Introduction to anaerobic digestion of organic waste*, Remade Scotland.
- [8]. Verma, S., 2002. *Anaerobic Difestion of Biodegradable Organic in Municipal Solid waste*. Departement of Earth & Environmental Engineering, Columbia University.
- [9]. Monice., Syafii., 2013. *Operasi Ekonomis (Economic Dispatch) Pembangkit Listrik tenaga Sampah (PLTSa) dan (PLTG) Dalam Melayani Beban Puncak Kelistrikan Sumbang*, Jurnal Teknik Elektro, Volume 2, November.
- [10]. UNEP, 2006. *Peralatan Termal: Bahan Bakar dan Pembakaran, Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*. Available at: [www.energyefficiency-asia.org](http://www.energyefficiency-asia.org) [accessed 20 November 2015].
- [11]. Intan, A., Ya'umar., 2010. *Analisis Efisiensi Sistem Pembakaran Efisiensi Sistem Pembakaran pada Boiler di PLTU Unit III PT. PJB UP Gresik dengan Metode SPC*. Skripsi. FTI. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [12]. *Chapter 15 "Energy Recovery from Municipal Solid Waste"*. Accessed at [www.urbanindia.nic.in/moud/publicinfo/swm/chap15.pdf](http://www.urbanindia.nic.in/moud/publicinfo/swm/chap15.pdf)

- [13]. California Integrated Waste Management Board, 2008. *Contractor Reports to the Board : Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste*, California: California Integrated Waste Management Board.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN