

## **PROSPEK INOVASI PENGELOLAAN SAMPAH SEBAGAI STRATEGI MITIGASI PEMANASAN GLOBAL DI KOTA MAGELANG**

***Mohamad Zaenal Arifin***

Badan Penelitian dan Pengembangan Kota Magelang

e-mail : zaenalmgl2@gmail.com

### **ABSTRAK**

Sektor limbah turut menyumbang GRK ke atmosfer khususnya dari TPA-TPA sampah yang ada berkontribusi sebesar 3 – 4 % dari emisi GRK global. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung potensi emisi gas metan yang dihasilkan dari sampah dan mengidentifikasi strategi inovatif mitigasi dampak terhadap pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas metan. Metode penelitian ini dibangun dengan menggunakan pendekatan studi literatur. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang berasal dari publikasi instansi teknis seperti data jumlah penduduk, volume sampah dan data teknis pengelolaan persampahan di Kota Magelang. Sementara itu, teknik pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dengan analisis deskriptif untuk menggambarkan proyeksi emisi gas metan secara teoritis. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan jumlah penduduk Kota Magelang pada tahun 2017 sebanyak 130.857 jiwa menghasilkan timbulan sampah sebesar 61,613.8 ton/tahun. Berdasarkan jumlah timbulan sampah tersebut, dengan menggunakan perhitungan neraca massa dari penguraian sampah perkotaan secara aerob dan anaerob menurut rumusan Solvato menghasilkan potensi emisi gas metan sebesar 3.943, 28 Ton/tahun CH<sub>4</sub>. Jumlah tersebut diproyeksikan akan terus naik selama 10 (sepuluh) tahun kedepan berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Inovasi pengelolaan sampah sebagai strategi mitigasi dampak pemanasan global di Kota Magelang dapat ditempuh melalui kampung organik, bank sampah, TPS 3R dan TPST, Biokonversi Sampah Organik dengan Maggot dari Black Soldier Fly, Pemanfaataan Sampah di TPA sebagai Biogas, Konversi Potensi Biomassa Sampah TPA menjadi Energi listrik.

**Kata Kunci:** *gas metan, Gas Rumah Kaca (GRK), mitigasi, pemanasan global*

### **ABSTRACT**

The waste sector contributes GHG to the atmosphere, especially from landfills, the existing waste contributes 3-4% of global GHG emissions. This study aims to calculate the potential of methane gas emissions generated from waste and identify innovative strategies to mitigate the impact on global warming caused by methane gas emissions. This research method was built using the literature study approach. Data collection in this study was carried out using secondary data from the publication of technical agencies such as population data, volume of waste and technical data on waste management in the city of Magelang. Meanwhile, the processing techniques and data analysis in this study with descriptive analysis to describe the projections of methane gas emissions theoreticallyThe results show that with the population of Magelang City in 2017 as many as 130,857 people produced waste generation of 61,613.8 tons / year. Based on the amount of waste generation, using the mass balance calculation from the decomposition of municipal waste aerobically and anaerobically according to Solvato's formula produces the potential for methane gas emissions of 3.943, 28 tons / year CH4. The amount is projected to continue to rise for the next 10 (ten) years in proportion to the population. Waste management innovation as a strategy to mitigate the effects of global warming in the Magelang city can be pursued through organic villages, waste banks, TPS 3R and TPST, bioconversion of organic waste with maggot from black soldier fly, utilization of waste in landfill as Biogas, conversion of potential of waste landfill biomass into electrical energy.

**Keywords:** *methane gas, Green House Gas, mitigation, global warming*



## A. PENDAHULUAN

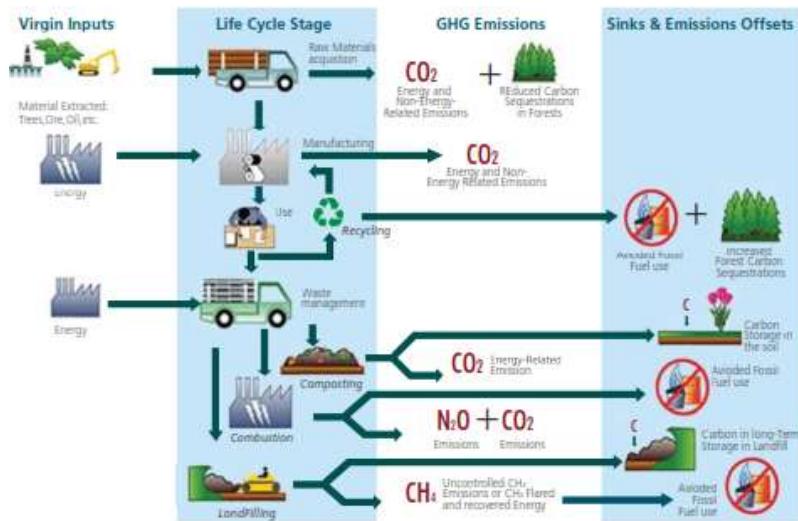
Isu lingkungan global yang paling mendapatkan perhatian dunia pada beberapa dekade terakhir ini adalah pemanasan global. Disisi lain, pengelolaan sampah perkotaan menjadi permasalahan tidak saja di Indonesia melainkan di kota-kota di dunia. Keduanya, antara permasalahan pengelolaan sampah dan pemanasan global mempunyai hubungan sebab akibat. Mengatasi masalah persampahan, berarti melakukan mitigasi dampak pemanasan global. Hal tersebut karena berdasarkan laporan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) IPCC tahun 2006, sektor limbah turut menyumbang Gas Rumah Kaca (GRK) ke atmosfer khususnya dari TPA-TPA sampah yang ada sebesar 3 – 4 % dari emisi GRK global.

Pemanasan global merupakan fenomena kenaikan suhu muka bumi secara global yang merupakan salah satu contoh dari apa yang disebut sebagai perubahan iklim. Perubahan iklim secara umum didefinisikan sebagai perubahan variabel iklim yang terjadi secara berangsur-angsur dalam jangka waktu antara 50 – 100 tahun. Sedangkan variabel iklim yang dimaksud antara lain adalah temperatur/suhu udara, kelembaban udara, tekanan atmosfer, kondisi awan, intensitas sinar matahari, curah hujan, dan angin (IPCC, 2001).

Pemanasan global disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK). Gas-gas di atmosfer tersebut dapat menimbulkan perubahan dalam kesetimbangan radiasi sehingga mempengaruhi suhu atmosfer bumi. Gas-gas tersebut dinamakan gas rumah kaca (GRK) karena kemampuannya dalam menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang panjang yang bersifat panas seperti yang dilakukan oleh kaca, sehingga menimbulkan efek pemanasan yang disebut efek rumah kaca (ERK). Gas tersebut dapat muncul secara alami di lingkungan maupun timbul sebagai akibat dari aktivitas manusia. Gas rumah kaca yang paling banyak adalah dalam bentuk uap air. Selain itu GRK terdapat juga dalam bentuk karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), nitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dan gas lainnya (IPCC, 2007).

Pada proses pengelolaan sampah perkotaan, emisi GRK juga dilepaskan dari timbulan sampah yang dihasilkan. Emisi GRK yang dihasilkan dari setiap alur proses pengelolaan sampah pada pola pengelolaan sampah metode

konvensional “kumpul-angkut-buang, dari mulai timbulan sampah sampai dengan tempat pembuangan akhir diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Sampah dan GRK yang Dihasilkan dari Tiap Proses  
Sumber : Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Pengelolaan Limbah, 2014

GRK yang dihasilkan dari proses pengelolaan sampah perkotaan didominasi oleh gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas metana (CH<sub>4</sub>). Menurut penelitian gas metana mempunyai kekuatan sekitar 21 kali lebih kuat untuk menghasilkan efek rumah kaca dibandingkan dengan karbon dioksida, namun gas metana memiliki potensi lebih besar untuk dimanfaatkan, misalnya sebagai sumber energi. Untuk mengurangi efek rumah kaca dari sektor sampah, maka GRK yang dihasilkan harus diturunkan/dimitigasi.

Berdasarkan dokumen Rencana Aksi Nasional Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) disebutkan bahwa Pemerintah Indonesia menargetkan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dari sektor limbah, yang difokuskan pada limbah padat dan air limbah domestik, sebesar 0,048 Gigaton CO<sub>2</sub>(eq) pada tahun 2020. Gas metana (CH<sub>4</sub>) yang terbentuk dari proses pengolahan limbah berbasis proses biologis (didominasi oleh proses lahan urug) di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah dan air limbah mencakup 90%, dan proses lahan urug itu sendiri berkontribusi terhadap 14 – 18% dari *global anthropogenic methane emissions*. Oleh karena itu,



harus dilakukan pengolahan dan pengelolaan yang tepat pada TPA sampah ini dalam berbagai bentuk aksi mitigasi.

Walaupun sektor limbah bukanlah kontributor terbesar dalam emisi GRK nasional, namun pengurangan emisi GRK dalam sektor pengelolaan limbah tetap penting dilaksanakan oleh pemerintah di tingkat pusat maupun daerah karena terkait dengan perbaikan lingkungan dan peningkatan kesehatan masyarakat. Hal ini juga sejalan dengan Perpres 61/2011 yang menyatakan bahwa penurunan GRK dari sektor limbah merupakan salah satu dari lima bidang yang menjadi prioritas dalam penurunan emisi GRK di Indonesia.

Berdasarkan hal tersebut, Pemerintah Kota Magelang perlu langkah-langkah inovatif pengelolaan sampah sebagai strategi mitigatif terhadap dampak pemanasan global. Hal tersebut sebagai tindak lanjut dari RAN GRK yang dicanangkan pemerintah pusat dalam rangka mengurangi emisi gas metan yang dihasilkan oleh sampah. Penelitian bertujuan menghitung potensi emisi GRK yang dihasilkan dari sampah dan mengidentifikasi prospek inovasi pengelolaan sampah sebagai strategi mitigasi dampak terhadap pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas metan. GRK pada studi ini dibatasi hanya jenis gas metan ( $\text{CH}_4$ ) oleh karena GRK jenis ini yang paling banyak ditimbulkan dari Tempat Pembuangan Sampah (TPA). Selain itu gas metan sangat potensial untuk dikembangkan menjadi bioenergi.

## **B. METODE**

Penelitian ini merupakan studi literatur yang bersifat kualitatif serta menggunakan pendekatan deskriptif. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang berasal dari publikasi instansi teknis seperti data volume sampah, jumlah penduduk dan data teknis pengelolaan persampahan di Kota Magelang. Adapun teknik pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dengan analisis deskriptif dengan menggambarkan hasil perhitungan proyeksi emisi gas metan secara teoritis.



## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### C1. Potensi Emisi Gas Metan di Kota Magelang

Potensi emisi gas metan yang dihasilkan pada pengelolaan sampah di Kota Magelang dihitung dengan menggunakan pendekatan teoritis. Perhitungan emisi gas metan secara empiris lebih rumit karena tidak semua gas metan yang terbentuk di TPA dapat lepas ke atmosfer. Ketika metan bergerak dari dalam lapisan timbunan sampah menuju permukaan, maka bakteri aerobik akan mengoksidasi metan menjadi karbon dan air (Ham & Barlaz, 1987 dalam Kendra, 1997).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jegers & Peters (1985) hanya 70% dari gas metan yang terbentuk di TPA yang diemisikan ke dalam atmosfer, dengan demikian sekitar 30% gas metan yang terbentuk dioksidasi oleh bakteri aerob ketika bergerak menuju permukaan timbunan sampah di TPA. Sampah organik yang terurai secara aerobik akan menghasilkan 50-60 % CH<sub>4</sub>, 35-45 % CO<sub>2</sub> dan 0-5 % GRK lainnya (Solvato, 1992).

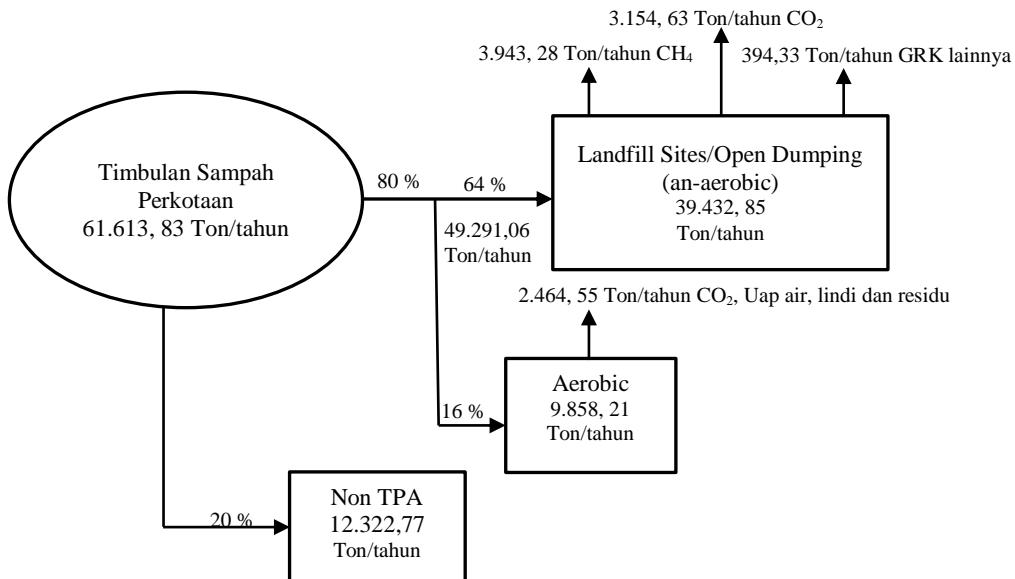
Potensi emisi gas metan di Kota Magelang dihitung berdasarkan timbulan sampah dan diproyeksikan bersadarkan jumlah penduduk selama 10 (sepuluh) tahun. Data timbulan sampah Kota Magelang dan proyeksi selama 10 (tahun) kedepan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Timbulan Sampah Kota Magelang Tahun 2017-2027

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Timbulan Sampah		
		m3/hari	ton/hari	ton/tahun
2017	130,857	337.61	168.81	61,613.83
2018	131,276	338.69	169.35	61,810.93
2019	131,696	339.78	169.89	62,009.85
2020	132,117	340.86	170.43	62,206.95
2021	132,540	341.95	170.98	62,405.88
2022	132,964	343.05	171.53	62,606.63
2023	133,390	344.15	172.08	62,807.38
2024	133,816	345.25	172.63	63,008.13
2025	134,245	346.35	173.18	63,208.88
2026	134,674	347.46	173.73	63,411.45
2027	135,105	348.57	174.29	63,614.03

Sumber : DIKPLHD Kota Magelang Tahun 2019, diolah

Dengan menggunakan neraca massa dari penguraian sampah perkotaan di Kota Magelang secara aerob dan anaerob menurut rumusan Solvato, maka emisi GRK yang hasilkan dari timbulan sampah tahun 2017 adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Neraca Massa Emisi GRK

Sumber : data diolah, 2019

Dengan menggunakan neraca tersebut diatas, maka emisi gas metan dari timbulan sampah Kota Magelang selama 10 (sepuluh) tahun dapat diestimasikan sebagai berikut :

Tabel 2. Potensi Emisi Gas Metan Dari Timbulan Sampah Kota Magelang

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Timbulan Sampah			Emisi CH4 (ton/tahun)
		m3/hari	ton/hari	ton/tahun	
2017	130,857	337.61	168.81	61,613.83	3,943.28
2018	131,276	338.69	169.35	61,810.93	3,955.90
2019	131,696	339.78	169.89	62,009.85	3,968.63
2020	132,117	340.86	170.43	62,206.95	3,981.24
2021	132,540	341.95	170.98	62,405.88	3,993.98
2022	132,964	343.05	171.53	62,606.63	4,006.82
2023	133,390	344.15	172.08	62,807.38	4,019.67
2024	133,816	345.25	172.63	63,008.13	4,032.52
2025	134,245	346.35	173.18	63,208.88	4,045.37
2026	134,674	347.46	173.73	63,411.45	4,058.33
2027	135,105	348.57	174.29	63,614.03	4,071.30

Sumber : Hasil Proyeksi, 2019



Dari data timbulan sampah di Kota Magelang tahun 2017-2027 (Tabel 2) akan diperoleh kecenderungan produksi metan ( $\text{CH}_4$ ) yang dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan jumlah penduduk dan volume sampah yang ditimbulkan. Secara teoritis, produksi metan ( $\text{CH}_4$ ) di Kota Magelang dipengaruhi jumlah timbulan sampah. Secara teknis penanganan sampah di TPA Banyuurip dengan kondisi sampah organik terurai secara anaerob berakibat tingginya gas metan yang diemisikan. Dengan teknik proyeksi menggunakan metode *time series* dapat memperkirakan produksi gas metan yang dihasilkan sampah. Kecenderungan peningkatan produksi gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dipengaruhi oleh perkembangan penduduk dan timbulan sampah yang dihasilkan di Kota Magelang.

## **C2. Inovasi Pengelolaan Sampah di Kota Magelang sebagai Strategi Mitigasi Pemanasan Global**

Potensi inovasi pengelolaan sampah di Kota Magelang sebagai strategi mitigasi dampak pemanasan global akibat emisi gas metan yang ditimbulkan yang telah dan dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

### **1. Kampung Organik**

Strategi yang dilakukan Pemerintah Kota Magelang untuk menurunkan timbulan sampah sekaligus emisi gas metan yaitu dengan mengembangkan Program Kampung Organik. Program ini bertujuan untuk mensinergikan pengolahan sampah dengan ketahanan pangan di seluruh kelurahan yang ada di Kota Magelang. Pada Kampung organik terdapat proses 3R (Reduce, Reuse dan Recycle). Selain itu, juga dilakukan proses pengomposan sampah organic. Kompos yang dihasilkan diharapkan menjadi pupuk untuk tanaman organik.

Kampung Organik adalah satu kawasan yang di dalamnya terdapat sekelompok masyarakat yang secara terorganisir melakukan pemilahan dan pengolahan sampah organik dan non-organik (melalui 3R) secara berkelanjutan dan memanfaatkan hasil pengolahan sampah tersebut untuk menjadikan suatu



kawasan hijau dan meningkatkan ketahanan pangan keluarga secara berkelanjutan.

Kampung Organik merupakan kampung yang dalam kehidupan rutin sehari-hari dimana setiap warga melestarikan alam lingkungan dengan baik dan benar, baik itu lingkungan biotik, abiotik, sanitasi, ekonomi, sosial dan budaya masyarakat. Kampung Organik merupakan program perbaikan kampung guna mengatasi isu-isu lingkungan terutama terkait persampahan. Saat ini, Kota Magelang tengah gencar melaksanakan program kampung organik. Dilatarbelakangi oleh menurunnya daya dukung lingkungan akibat sampah, adanya Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Persampahan, serta Program Nasional Pengembangan Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL), program kampung organik menjadi program andalan pemerintah Kota Magelang dalam penanggulangan persampahan kota. Dari awal pembentukan Kampung Organik terdapat 81 Kampung Organik yang tersebar di 17 kelurahan yang ada di Kota Magelang.

Jumlah Kampung Organik yang masih aktif menjalankan kegiatannya hingga saat ini sebanyak 59 buah. Jumlah ini menurun dari tahun-tahun sebelumnya karena tidak mudah menggerakkan kesadaran masyarakat untuk terus ikut menggerakkan kegiatan kampung organik. Permasalahan yang timbul dari pelaksanaan kegiatan Kampung Organik di lapangan antara lain masih minimnya pemahaman masyarakat terhadap pengelolaan sampah, keterbatasan lahan, kurang mendukungnya pemangku wilayah RT/RW, kesibukan pribadi masing-masing pengurus, dan kurangnya tersedianya peralatan pengolahan sampah seperti komposter.

Namun demikian dalam pelaksanaannya Kampung Organik telah melibatkan Dasa Wisma, Karang Taruna, organisasi pemuda dan sekolah-sekolah formal maupun non formal (mulai dari playgroup hingga perguruan tinggi). Diperlukan sumber daya manusia yang benar-benar loyal terhadap kegiatan sosial ini. Dari sisi pendanaan, juga diperlukan kemandirian untuk mendukung teknis operasional kampung organik seperti pengadaan polybag tanaman organik, upah tenaga operasional dan lain sebagainya. Sehingga diperlukan dukungan dari

berbagai pihak baik pemerintah maupun swasta agar kegiatan Kampung Organik ini dapat berjalan dengan baik.

Kegiatan yang dilakukan dalam Kampung Organik antara lain :

- Pelatihan olah sampah organik maupun non organik.
- Pendampingan kinerja kelompok.
- Pendampingan komunitas / masyarakat dalam pengolahan sampah rumah tangga.
- Menggalang kerjasama dengan berbagai pihak (individu, pemerintah, lembaga-lembaga non pemerintah, sekolah) yang memiliki kepedulian sama terhadap persoalan sampah.



Gambar 3. Salah Satu Kampung Organik di Kota Magelang

Sumber : Dokumentasi, 2019

Reduksi emisi gas metan di Kampung Organik terletak pada proses 3R dan pengomposan, dimana didalam pengomposan terdapat proses penguraian aerob yang tidak menghasilkan gas metan, sehingga metode ini akan mengurangi emisi metan ke dalam atmosfer. Hasil penelitian Nengsih (2002) terlihat bahwa dengan melakukan pengomposan dengan laju produksi 15%/tahun maka produksi gas metan dapat berkurang sebesar 4000-5000 ton. Hal ini merupakan salah satu metode yang efektif jika diterapkan.

## 2. Bank Sampah

Jumlah bank sampah yang telah terbentuk di Kota Magelang sejak akhir tahun 2014 dan tetap aktif hingga tahun 2018 berjumlah 58 Bank Sampah yang terdiri dari 1.742 nasabah aktif (KK) yang tersebar di 17 kelurahan di Kota

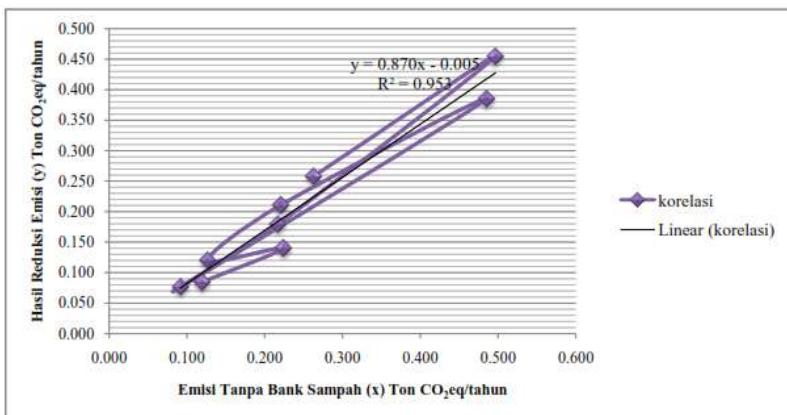
Magelang (Dinas Lingkungan Hidup Kota Magelang, 2018). Data dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Magelang (2018) jumlah penduduk di Kota Magelang sebanyak 130.007, maka baru sekitar 1,34 % penduduk yang aktif mengikuti kegiatan dan menjadi nasabah bank sampah. Dari 58 unit Bank Sampah tersebut tercatat mampu mereduksi sampah hingga 6.128 kg sampah/ bulan atau 6,128 ton sampah/bulan.



Gambar 4. Salah Satu Bank Sampah di Kota Magelang

Sumber : Dokumentasi, 2019

Hasil penelitian A. Sabella, dkk (2018) menyatakan bahwa keberadaan bank sampah mampu mengurangi emisi GRK yang dihasilkan pada aktivitas penimbunan sampah secara langsung di TPA yang dapat terlepas ke atmosfer dalam jumlah besar, apabila kegiatan bank sampah atau pengelolaan sampah lainnya benar –benar dioptimalkan. Selain mengurangi jumlah emisi GRK, juga dapat mereduksi jumlah sampah pada suatu wilayah tertentu, karena sampah yang masuk ke dalam bank sampah nantinya akan dijual kepada pengepul, dimana pengepul akan menjual sampah – sampah yang masih bisa dimanfaatkan ke pabrik- pabrik pengolahan sampah.



Gambar 5. .Grafik hubungan antara bank sampah dengan penurunan emisi CH4

Sumber : A. Sabella, dkk (2018)

### 3. TPS 3R dan TPST

Pengelolaan sampah terpadu 3R (Reuse, Reduce, Recycle) merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan sampah perkotaan. Program 3R ini dapat mengurangi volume sampah perkotaan sehingga timbunan sampah di Tempat Pembuangan Sampah Akhir dapat berkurang. Program 3R juga bertujuan untuk mewujudkan upaya pemberdayaan masyarakat dan mengembangkan kewirausahaan masyarakat lokal melalui produk hasil daur ulang sampah yang mempunyai nilai ekonomis.

Untuk mendukung pengelolaan sampah terpadu 3R, keberadaan TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu 3R) sangat diperlukan. Keberhasilan kegiatan di TPST 3R ini sangat bergantung pada partisipasi masyarakat. Peran masyarakat dalam kegiatan 3R dimulai pada proses perencanaan TPST, pembangunan TPST, pembentukan KSM dan pelatihan serta pendampingan dalam pengelolaan sampah terpadu di TPST. Oleh karena itu, penilaian terhadap bentuk partisipasi masyarakat dalam kegiatan pengelolaan sampah ini sangat diperlukan untuk meningkatkan kapasitas, kinerja, dan kemampuan masyarakat dalam mengelola program 3R di lingkungan permukiman tempat tinggal.

TPST adalah tempat berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Fungsi TPST adalah sebagai tempat berlangsungnya pemisahan, pencucian/pembersihan, pengemasan dan pengiriman produk daur

ulang sampah. Tujuan dibangunnya TPST ini untuk membantu meminimalisir volume sampah yang masuk ke TPA Banyuurip karena umur pakai TPA yang sudah habis.

Saat ini Kota Magelang telah memiliki 2 (dua) TPST yang berada di wilayah di Kelurahan Jurangombo Utara dan Kelurahan Tidar Selatan. Kemudian di tahun 2018 ada penambahan 3 (tiga) TPST baru, yaitu TPST Dumpoh, TPST di Rusunawa Kelurahan Potrobangsan dan TPST di Sukorini Kelurahan Cacaban. Keberadaan TPST dengan model pengelolaan 3R ini diharapkan bisa mengurangi volume sampah hingga 4 % per harinya hingga tahun 2021. Penerapan konsep 3R akan menghasilkan setidaknya pengurangan produksi metan kurang lebih tiga kali yang berasal dari landfill (Kementerian Lingkungn Hidup, 2007).



Gambar 6. Salah Satu TPST di Kota Magelang

Sumber : Dokumentasi, 2019

#### 4. Biokonversi Sampah Organik dengan Maggot dari *Black Soldier Fly*

Teknologi biokonversi telah diterapkan di Pasar Rejowinangun Kota Magelang pada 2018 hingga saat ini sebagai *pilot project*. Rekayasa lingkungan telah dilakukan di bagian belakang Pasar Rejowinangun dengan pembangunan instalasi pengolahan sampah organik pasar. Unit pengolah sampah organik dengan menggunakan maggot sekurang-kurangnya terdiri dari close house / kandang *black*

*soldier fly*, reaktor pengolah sampah dengan maggot dan tempat pengembangbiakan maggot. Sampah organik dari kegiatan pasar seperti sisa sayuran dan buah busuk diolah dalam unit reaktor ini.

Tenaga kebersihan pasar dilatih dan didampingi untuk mengaplikasikan inovasi teknologi sederhana dan tepat guna ini. Proses teknologi biokonversi dalam pengelolaan sampah organik menggunakan maggot dapat mengurangi volume sampah organik yang telah ditimbulkan dari aktivitas Pasar Rejowinangun. Dengan penggunaan teknologi biokonversi maka sampah akan dimakan atau dengan kata lain dikonversi menjadi kandungan senyawa protein yang dibutuhkan oleh maggot.

Tingkat reduksi atau efisiensi pengurangan sampah organik tergantung pada jumlah maggot yang digunakan dan juga berkaitan dengan luas kandang produksi, jumlah tenaga yang terlibat dan faktor lainnya. Rencana kegiatan selanjutnya dari penerapan teknologi biokonversi dengan maggot pada pengelolaan sampah organik adalah melakukan diseminasi pada seluruh komponen penghasil timbulan sampah organik di Kota Magelang dan melakukan replikasi teknologi pada lokasi yang lain baik pada kawasan permukiman maupun kawasan komersial seperti pasar tradisional atau sekolah-sekolah.



Gambar 7. Biokonversi Sampah Organik dengan Maggot di Pasar Rejowinangun

Sumber : Dokumentasi, 2019

## 5. Pemanfaatan Sampah di TPA sebagai Biogas

Emisi gas metan yang dilepaskan ke atmosfer dari timbunan sampah di TPA dapat direduksi dengan cara menangkap dan memanfaatkan gas metan sebagai biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik dari bahan-bahan organik termasuk di antaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida.

TPA Banyuurip Magelang dengan luas sekitar 5,4 Ha dengan kapasitas operasional sebesar 1.800.000 m<sup>3</sup> dengan kapasitas kolam lindi (*leachate*) sebesar 5.000 m<sup>3</sup> sangat potensial untuk pengembangan inovasi pengolahan sampah menjadi biogas. Pemanfaatan sampah di TPA Banyuurip menjadi biogas telah dilakukan sejak tahun 2014 meskipun dengan skala yang sangat kecil. Gas metan yang dihasilkan didistribusikan kepada 17 KK masyarakat di sekitar TPA dan digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga dengan menggunakan kompor gas metan.



Gambar 8. Pemanfaatan Sampah TPA Banyuurip Menjadi Biogas  
Sumber : Soebijanto, 2017



Riset telah dilakukan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) melalui BPTP Jawa Tengah pada 2018 untuk memanfaatkan potensi energi biogas di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Banyuurip. Peneliti Balitbangtan membuat instalasi biogas pada TPA Banyuurip Kota Magelang dengan memilih lokasi yang tidak ada membran dibawahnya. Hasil uji coba menunjukkan bahwa dengan memasang kompor sebanyak 8 tungku yang dihidupkan selama 2,5 jam dapat menyala dengan baik, bahkan masih terlihat potensi untuk ditambah kompor lagi. Hal ini terlihat dari tekanan api yang ditunjukkan masih besar. Uji coba selanjutnya dilakukan dengan menyalakan kompor yang ada di rumah warga yang jaraknya sekitar 250 m dan ternyata kompor dapat menyala dengan baik dan stabil.

Rencananya pemanfaatan gas bio ini akan disalurkan kepada 20 rumah tangga di sekitar TPA Banyuurip Magelang. Ujicoba terakhir adalah mengukur produksi gas metan dan mengambil sampel gas metan untuk dianalisis kandungan unsur kimianya. Dari pengukuran ini diketahui bahwa plastik dengan kapasitas 2 m<sup>3</sup> dapat diisi dalam waktu 4 menit 25 detik. Dengan perhitungan ini maka dapat diprediksi bahwa kemampuan memproduksi gas dalam satu jam adalah 120,8924 m<sup>3</sup>. Angka ini akan digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menyalurkan gas ke rumah tangga warga di sekitar TPA.

## 6. Konversi Potensi Biomassa Sampah TPA menjadi Energi Listrik

Inovasi pengelolaan sampah lainnya yang mempunyai prospek sebagai strategi mitigasi pemanasan global adalah konversi potensi biomassa sampah TPA menjadi energi listrik. Teknologi ini berbeda dengan pemanfaatan biogas sampah TPA secara langsung sebagai bahan bakar melalui konversi biologis. Perbedaannya terletak pada proses konversi termal potensi energi yang tersimpan dalam biomassa sampah TPA menjadi energi listrik. Sampah organik di TPA Banyuurip dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dan dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, yang dikenal dengan PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah).



Proses konversi energi yang digunakan untuk menghasilkan listrik dari sampah secara garis besar terbagi menjadi dua yaitu : konversi biologis dan konversi termal. Konversi biologis menggunakan bakteri pengurai sampah organik untuk menghasilkan gas metan ( $\text{CH}_4$ ). Melalui proses degradasi biologis, senyawa tersebut dirombak menjadi gas metan pada kondisi tanpa oksigen (dekomposisi anaerob). Konversi termal adalah proses transformasi sampah menjadi sumber energi dengan menggunakan biogas yang dihasilkan sebagai bahan bakar.

Teknologi yang banyak digunakan untuk menghasilkan energi dari energi sampah dengan menggunakan teknologi *landfill*. *Landfill* adalah metode pembuangan sampah dengan cara menempatkan sejumlah besar sampah pada suatu lokasi yang digunakan sebagai tempat penampungan akhir. Pada perkembangannya, *landfill* terdiri dari beberapa jenis yaitu : *open dumping*, *controlled landfill* dan *sanitary landfill*. TPA Banyuurip awalnya didesain dengan *sanitary landfill*. Namun dalam operasionalnya berubah menjadi *controlled landfill*.

Potensi energi sampah yang dapat dikembangkan di TPA Banyuurip telah banyak dilakukan penelitian. Kementerian ESDM pada tahun 2015 telah mengidentifikasi potensi energi sampah di TPA Banyuurip dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Potensi Energi Sampah di TPA Banyuurip

TPA	Kapasitas TPA Ton perTahun	Efisiensi Sistem Pembangkitan (MWh)	Total Potensi Tekno-Eko (Mwe)
TPA Banyu Urip	24.09	10.086,00	10.086,00

Sumber : Buku Informasi Bioenergi Kementerian ESDM, 2015

Disisi lain, hasil penelitian Rany Puspita Dewi (2017) menyebutkan bahwa TPA Banyuurip yang memiliki persentase sampah organik sebesar 61 % memiliki potensi sebagai sumber energi melalui analisis secara termokimia dan biokimia. Energi secara termokimia sebesar 333,59 kW dan energi secara biokimia diperoleh potensi energi sebesar 764,13 kW.



Inovasi pengelolaan sampah ini akan mereduksi emisi gas metan ke atmosfer sebagai GRK penyebab pemanasan global dengan cara memanfaatkannya menjadi sumber energi baru terbarukan. Prospek inovasi ini sangat baik untuk dikembangkan, terlebih dengan terbitnya Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. Dalam Perpres disebutkan bahwa pemerintah melalui PT. PLN menjamin pembelian listrik hasil produksi PLTSa. Dalam hal implementasinya di TPA Banyuurip, nantinya Pemerintah Kota Magelang dapat menggandeng investor.

#### D. SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil studi disimpulkan bahwa gas metan yang merupakan salah satu emisi GRK yang dihasilkan dari timbulan sampah di Kota Magelang potensinya sebesar 3.943, 28 Ton/tahun CH<sub>4</sub> dan diproyeksikan terus naik berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Potensi inovasi pengelolaan sampah di Kota Magelang sebagai strategi mitigasi dampak pemanasan global akibat emisi gas metan yang ditimbulkan adalah melalui kampung organik, bank sampah, TPS 3R dan TPST, biokonversi sampah organik dengan maggot dari *black soldier fly*, pemanfaatan sampah di TPA sebagai biogas, konversi potensi biomassa sampah TPA menjadi energi listrik.

Saran yang diberikan dari hasil studi ini adalah perlunya penelitian lanjutan untuk menghitung potensi emisi GRK khususnya gas metan secara empiris untuk mendapatkan data yang bersifat teknis. Selain itu, diperlukan implementasi Rencana Aksi Daerah Gas Rumah Kaca (RAD-GRK) secara komprehensif sebagai upaya mitigasi dampak pemanasan global.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2018. *Biogas Dari Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA)*. <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-aktual/3228/> diakses tanggal 5 Agustus 2019.
- Atikah Sabella, dkk. 2018. *Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dari Kegiatan Bank Sampah Di Kabupaten Sleman Dengan Metode IPCC*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- BAPPENAS. 2014. *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca*.
- Dewi, Rany Puspita. 2017. Studi Potensi Pemanfaatan Sampah Organik TPA Banyuurip Tegalrejo sebagai Salah Satu Sumber Energi. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)* : Vol. 06, No. 3.
- IPCC. 2001. *Climate change: impacts, adaptation and vulnerability*. Report of the working group II. UK: Cambridge University Press; 2001. p. 967.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by The National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds.). Published by IGES Japan.
- IPCC. 2007. *Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability*. Summary for policymakers and technical summary, WG II contribution to the AR4. UK: Cambridge University Press; 2007. p. 93.
- Kementerian ESDM. 2015. *Buku Informasi Bioenergi*.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2007. *Kontribusi Sampah Terhadap Pemanasan Global*. Jakarta.
- Kendra, themy. 1997. Estimasi dan Prediksi Kecenderungan Emisi Metan di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (Studi Kasus di TPA Bantar Gebang, Bekasi). *Tesis*. Program Pascasarjana Studi Ilmu Lingkungan. Jakarta.
- Nengsih, Fitria. 2002. Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah Padat Perkotaan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Pemerintah Kota Magelang. 2019. *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah*.



Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK.

Soebijanto. 2017. *TPA Banyuurip Magelang, TPA Penghasil Biogas.* <https://myimage.id/tpa-banyuurip-magelang> diakses tanggal 5 Agustus 2019.

Soemarwoto, Otto. 2006. *Sampah, Energi atau Kompos, Pikiran Rakyat.*

Solvato, J.A. 1992. *Environmental and Sanitation, A Wiley-Interscience Publication.* New York.