

JEJAK KARBON PENGOLAHAN SAMPAH DI TPS TLOGOMAS MALANG

Carbon Footprint of Solid Waste Processing At TPS Tlogomas Malang

Sunarto¹, Sudharto P. Hadi², Purwanto³

^{1,2,3}Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro

Alamat korespondensi : Jl. Imam Bardjo, SH No. 3 Semarang 50241

Email: ¹⁾ narto@umm.ac.id, ²⁾ sudhartophadi@yahoo.co.id.

Abstract

Waste sector is one of human activities that cause global warming. Decomposition of organic waste in landfill produces greenhouse gas emissions in the form of biogas consisting of methane and carbon dioxide. Solid waste processing in transfer station in the form of recycling and composting product potentially reduce carbon footprint, directly from the reduction in the volume of waste dumped in landfill and indirectly from the recovery of material. The purpose of this study was to determine the carbon footprint of waste processing at the transfer stations of Tlogomas Malang if developed several scenarios to enhance the capacity of processing. Life cycle approach is used to assess carbon footprint of waste management scenarios with the help of software SWM-GHG Calculator. The results showed that the processing of solid waste at current recycling rate of 40,57% – 80,41% (Status Quo) resulted in net carbon footprint of 1.147 ton CO₂-eq /year. Increasing of processing capacity to 60 - 88% (Scenario 1) and 90 - 95% (Scenario 2) would reduce net carbon footprint to 801 ton CO₂-eq/year and 427 ton CO₂-eq/year respectively. If the processing of waste in transfer station of Tlogomas was discontinued (Scenario 3), net carbon footprint increased to 4,063 t CO₂-eq/year.

Keywords: carbon footprint, greenhouse gases, solid waste processing, life cycle analysis.

Abstrak

Sektor persampahan merupakan salah satu kegiatan manusia yang menyebabkan pemanasan global. Proses dekomposisi sampah organik pada timbunan sampah menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa biogas yang terdiri atas gas metana dan gas karbon dioksida. Pengolahan sampah di TPS untuk produk daur ulang dan kompos berpotensi mereduksi jejak karbon secara langsung dari penurunan volume sampah yang dibuang ke TPA dan secara tidak langsung dari pemulihan material sampah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jejak karbon pengolahan sampah di TPS Tlogomas di Kota Malang jika dikembangkan beberapa skenario pengolahan untuk meningkatkan kapasitas pengolahan sampah yang telah dilakukan selama ini. Pendekatan daur hidup digunakan untuk menaksir jejak karbon dari beberapa skenario pengolahan sampah di TPS dengan bantuan perangkat lunak SWM-GHG Calculator. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengolahan sampah pada saat ini dengan tingkat daur ulang sampah sebesar 40,57% – 80,41% (Status Quo) menghasilkan jejak karbon bersih sebesar 1.147 ton CO₂-eq/th. Peningkatan kapasitas pengolahan sebesar 60 – 88% (Skenario 1) dan 90 – 95% (Skenario 2) akan menurunkan jejak karbon bersih menjadi masing-masing sebesar 801 ton CO₂-eq/th dan 427 t CO₂-eq/th. Apabila pengolahan sampah di TPS Tlogomas dihentikan (Skenario 3), jejak karbon bersih yang dihasilkan meningkat menjadi 4.063 t CO₂-eq/th.

Kata kunci: jejak karbon, gas rumah kaca, pengolahan sampah, analisis daur hidup.

PENDAHULUAN

Sebagian besar sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih bergantung pada satu metode penanganan, yaitu kumpul-angkut-buang atau *end-of-pipe*, suatu cara penanganan sampah yang mengandalkan pembuangan sampah di tempat

pemrosesan akhir (TPA). Data statistik persampahan Indonesia (KNLH, 2008) menunjukkan bahwa dari 14,1 juta ton sampah yang dihasilkan 26 kota besar di Indonesia, sebanyak 13,6 juta ton di antaranya dibuang ke TPA (KNLH, 2008). Hanya sebagian kecil sampah yang diolah untuk didaur ulang, yaitu sebesar 2,26% di sumber asalnya, 2,01% di tempat

penampungan sementara (TPS), dan 1,6% di TPA. Timbunan sampah di TPA tersebut memiliki potensi untuk menurunkan kualitas lingkungan secara global. Proses dekomposisi sampah organik pada timbunan sampah menghasilkan jejak karbon berupa biogas yang terdiri atas gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2). Keduanya termasuk gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan pemanasan global. Agar tidak terus mencemari lingkungan, kedua jenis gas tersebut bisa direduksi dengan cara semaksimal mungkin menerapkan elemen pengelolaan sampah terpadu yang terdiri atas pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pemulihan (*reduction, reuse, recycling, dan recovery*) sebagaimana dikemukakan oleh Anschutz *et al.* (2004).

Sistem pengelolaan sampah di Kota Malang juga masih bertumpu pada metode kumpul-angkut-buang. Dengan populasi sebesar 820.243 jiwa (BPS Kota Malang, 2010), Kota Malang memproduksi sampah sebesar 607,44 ton per hari. Sebagian besar sampah tersebut berasal dari rumah tangga yang diangkut ke 62 TPS yang tersebar merata di segenap penjuru kota dan selanjutnya dibuang ke TPA Supit Urang yang mempunyai luas 22,5 ha. Sebagian besar TPS yang ada hanya sebagai tempat penampungan sementara. Walaupun demikian 11 TPS dari 62 TPS yang ada telah berfungsi bukan saja sebagai tempat penampungan tetapi juga sebagai tempat pengolahan karena dilengkapi dengan sarana pengolahan sampah untuk produk daur ulang dan kompos. Sepuluh TPS tersebut adalah TPS Cakalang, TPS Arjosari, TPS Pandanwangi, TPS Velodrome, TPS Narotama, TPS Gadang, TPS Manyar, TPS Malabar, TPS Menjing, dan TPS Tlogomas (Bappeda Kota Malang, 2009).

Walaupun demikian kapasitas pengolahan sampah di 10 TPS tersebut juga masih sangat terbatas sehingga sebagian besar sampah juga masih dibuang ke TPA Supit Urang Malang. Pengolahan di TPS Tlogomas relatif lebih baik daripada di 9 TPS lainnya. TPS ini menampung sampah dari Desa Tlogomas dengan penduduk 14.923 jiwa. Walaupun dengan staf yang terbatas, dengan dibantu penggerobak dan pemulung, TPS Tlogomas mengelola 22 m³ sampah dimana lebih dari 60%-nya telah dipilah dan sampah organiknya dijadikan kompos.

Sesuai dengan UU No.8 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (RI, 2008) dimana pemerintah

daerah wajib menetapkan target pengurangan sampah untuk meningkatkan kualitas lingkungan (Pasal 4, Pasal 6, dan Pasal 20), strategi peningkatan fungsi TPS menjadi tempat pengolahan sampah untuk mereduksi jejak karbon dan mengurangi beban TPA ini layak menjadi tumpuan sistem pengelolaan sampah di Kota Malang dan di kota-kota lain di Indonesia di masa yang akan datang. Pertimbangannya adalah sebagai berikut.

- Sistem pengelolaan sampah di Indonesia mengandalkan sistem pengumpulan di banyak TPS karena pada umumnya sampah diangkut dari sumber asalnya ke TPS dengan gerobak yang ditarik oleh tenaga manusia.
- Dibandingkan dengan TPA, selama ini keberadaan TPS di dalam kota relatif jarang menimbulkan kontroversi.
- Pengembangan TPS untuk pengolahan sampah dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana dan biaya yang relatif murah.
- Beberapa TPS telah melakukan praktek pengolahan sampah untuk produk daur ulang dan kompos walaupun kapasitasnya masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jejak karbon pengolahan sampah yang dilakukan di TPS Tlogomas yang berada di wilayah Kecamatan Lowokwaru di Kota Malang, terutama untuk mengetahui jejak karbon pengolahan sampah di TPS Tlogomas Malang pada saat ini dan beberapa skenario pengolahan untuk meningkatkan kapasitas pengolahan sampah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di TPS Tlogomas Malang terhadap jejak karbon atau emisi GRK sehingga tercapai sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan di Kota Malang. Untuk itu dikembangkan 3 skenario pengolahan sampah yang didasarkan pada pengolahan sampah di TPS Tlogomas pada saat ini. Pengolahan sampah dibatasi pada kegiatan pemilahan sampah untuk produk daur ulang dan kompos dan emisi yang dihasilkan hanya emisi GRK.

Skenario Pengolahan Sampah

Beberapa skenario yang dikembangkan untuk membandingkan jejak karbon pengolahan sampah di TPS Tlogomas adalah seperti Tabel 1. Uraian tiap skenario pengolahan sampah tersebut adalah sebagai berikut.

- Status Quo merupakan kondisi pada saat ini dimana kapasitas pengolahan sampah di TPS Tlogomas adalah sebesar 1.865 ton/th tahun
- dari volume total sampah sebesar 2.730 ton/th atau sebesar 68%.
- Skenario 1 adalah apabila kapasitas pengolahan sampah untuk tiap jenis material di TPS Tlogomas ditingkatkan hingga sebesar 70 – 88%.
- Skenario 2 adalah apabila kapasitas pengolahan sampah untuk tiap jenis material di TPS Tlogomas ditingkatkan hingga sebesar 90 – 95%.
- Skenario 3 adalah apabila kegiatan pengolahan sampah di TPS Tlogomas dihentikan.

Tabel 1. Skenario pengolahan sampah di TPS Tlogomas Malang

| | Status Quo | Skenario 1 | Skenario 2 | Skenario 3 |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Sampah yang didaur ulang | | | | |
| Sampah dapur | 80,41% | 88% | 95% | 0% |
| Sampah halaman | 80,41% | 88% | 95% | 0% |
| Kertas | 56,02% | 70% | 90% | 0% |
| Plastik | 40,57% | 60% | 90% | 0% |
| Gelas | 77,73% | 85% | 95% | 0% |
| Metal | 51,99% | 70% | 95% | 0% |
| Aluminium | 51,99% | 70% | 95% | 0% |
| Jenis penimbunan di TPA | CL | CL | CL | CL |

Keterangan: CL = *Controlled Landfill* (penimbunan terkendali tanpa pengumpulan biogas sampah)

Inventarisasi Daur Hidup

TPS Tlogomas yang berada di wilayah Kecamatan Lowokwaru ini adalah salah satu dari 10 TPS yang melakukan aktifitas pengolahan sampah untuk produk daur ulang dan kompos. TPS lain yang melakukan kegiatan ini adalah TPS Cakalang, TPS Arjosari, TPS Pandanwangi, TPS Velodrome, TPS Narotama, TPS Gadang, TPS Manyar, TPS Malabar, dan TPS Menjing. TPS Tlogomas yang berada di Jl. Terusan Kecubung Malang ini menempati lahan yang dimiliki Pemkot Malang dengan ukuran 18 x 35 meter seluas 630 m².

Pada tahun 2012 volume sampah yang masuk di TPS Tlogomas adalah sebesar 22 m³ per hari atau 7,48 ton/hari atau 2.730 ton/th. Komposisi sampah yang ada didominasi oleh sampah organik, yaitu sebesar 76,37%. Persentase jenis material yang lain adalah seperti Tabel 2. Volume pemilahan masing-masing jenis sampah di TPS Tlogomas adalah sebagai berikut:

- Sampah dapur/halaman = 4,500 ton/hr (80,41%)
- Kertas = 0,150 ton/hr (56,02%)
- Plastik = 0,420 ton/hr (40,57%)

- Kaca/Gelas = 0,025 ton/hr (77,73%)
- Logam = 0,014 ton/hr (51,99%)

Tabel 2. Komposisi sampah di TPS Tlogomas Malang

| NO | Jenis Sampah | Persentase (%) |
|----|------------------------|----------------|
| 1 | Sampah dapur & halaman | 74.82 |
| 2 | Kertas | 3.58 |
| 3 | Plastik | 13.84 |
| 4 | Kaca/Gelas | 0.43 |
| 5 | Logam | 0.36 |
| 6 | Textile | 3.59 |
| 7 | Kayu, Bambu | 2.16 |
| 8 | Lain – lain | 1.22 |

Analisis daur hidup dengan perangkat lunak SWM-GHG Calculator

Berbagai skenario pengolahan sampah di TPS Tlogomas akan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak SWM-GHG Calculator yang dikembangkan oleh Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Ifeu, 2009). Perangkat lunak yang dikembangkan berdasarkan metode analisis daur hidup ini ditujukan sebagai perangkat bantu

untuk memahami pengaruh pengelolaan sampah terhadap emisi GRK. Dengan bantuan perangkat ini dapat dibandingkan jumlah emisi GRK pada berbagai strategi pengelolaan sampah yang berbeda. Penerapan berbagai elemen pengelolaan sampah akan berpengaruh terhadap pengurangan volume sampah yang dibuang ke TPA. Secara langsung, hal ini akan mengurangi pencemaran akibat timbunan sampah, termasuk pencemaran secara global karena berkurangnya emisi GRK. Sedangkan secara tidak langsung, kegiatan daur ulang akan menghasilkan emisi GRK yang lebih kecil karena kegiatan tersebut akan mengurangi pemakaian bahan mentah dari alam dan mengurangi pemakaian energi dari bahan bakar fosil. Faktor emisi GRK dari kegiatan daur ulang sampah adalah seperti Tabel 3 (Ifeu, 2009). Pada daur ulang logam, walaupun kegiatan tersebut

menghasilkan emisi GRK sebesar 22 kg CO₂-eq per ton sampah, tetapi kegiatan daur ulang juga mengurangi pemakaian bahan mentah dari alam dan mengurangi pemakaian energi dari bahan bakar fosil sehingga terjadi pengurangan emisi GRK sebesar 2.047 CO₂-eq per ton sampah. Emisi bersih pengolahan sampah dari daur ulang logam adalah 2.025 kg CO₂-eq per ton sampah. Demikian halnya dengan jenis material daur ulang yang lain. Daur ulang sampah organik menjadi pupuk kompos memiliki pengurangan emisi GRK bersih yang relatif kecil, yaitu sebesar 8 kg CO₂-eq/t sampah. Akan tetapi daur ulang sampah organik akan menyebabkan volume sampah yang ditimbun di TPA juga menjadi berkurang sehingga secara langsung akan mengurangi emisi GRK.

Tabel 3. Faktor Emisi GRK Daurl Ulang Sampah (kg CO₂-eq/t sampah) (Ifeu, 2009)

| kg CO ₂ -eq/t sampah | Organik (kompos) | Kertas | Gelas | Logam | Aluminium | Plastik | Tekstil |
|---------------------------------|------------------|--------|-------|---------|-----------|---------|---------|
| Emisi | 87 | 180 | 20 | 22 | 700 | 1.023 | 32 |
| Pengurangan emisi | 95 | 1.000 | 500 | 2.047 | 11.800 | 1.437 | 2.850 |
| Emisi bersih | - 8 | - 820 | - 480 | - 2.025 | - 11.100 | - 414 | - 2.818 |

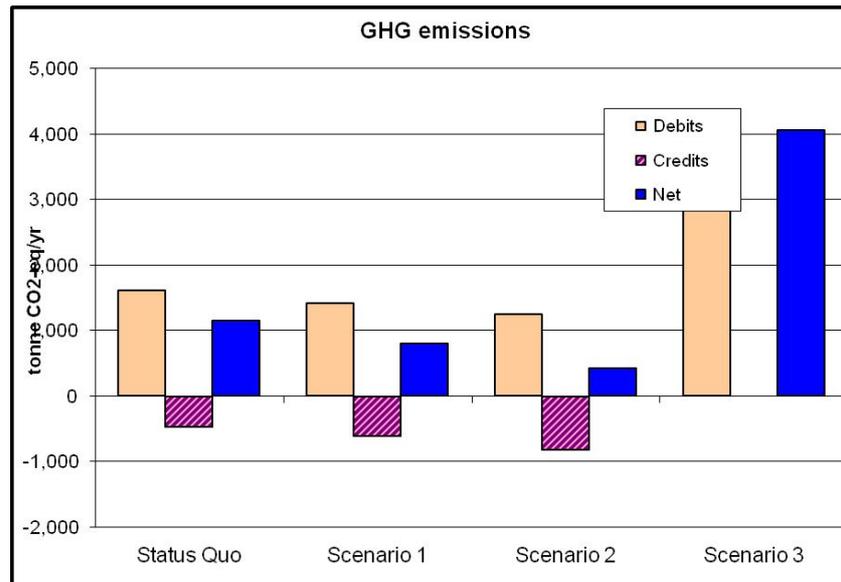
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis jejak karbon pada pengolahan sampah di TPS Tlogomas untuk produk daur ulang dan kompos dengan bantuan perangkat lunak SWM-GHG Calculator adalah seperti Tabel 4 dan Gambar 3. Pengolahan sampah pada saat ini (Status Quo) dengan tingkat daur ulang sebesar 40,57% – 80,41% menghasilkan jejak karbon sebesar 1.613 ton CO₂-ekuivalen/tahun dan mengurangi jejak karbon sebesar 466 ton CO₂-ekuivalen/tahun, sehingga jejak karbon bersih dari pengolahan sampah adalah sebesar 1.147 ton CO₂-ekuivalen/tahun. Peningkatan kapasitas pengolahan sebesar 60 – 88% (Skenario 1) dan 90 – 95% (Skenario 2) akan menurunkan jejak karbon bersih menjadi masing-masing sebesar 801 ton CO₂-ekuivalen/tahun dan

427 ton CO₂-ekuivalen/tahun. Apabila pengolahan sampah di TPS Tlogomas dihentikan dan semua sampah dibuang ke TPA Supit Urang (Skenario 3), jejak karbon bersih yang dihasilkan adalah sebesar 4.063 ton CO₂-ekuivalen/tahun. Apabila dibandingkan dengan Skenario 3 ini, pengolahan sampah di TPS Tlogomas selama ini (Status Quo) telah berhasil menurunkan jejak karbon sebesar 72%. Jejak karbon tersebut akan menurun apabila kapasitas pengolahan sampah ditingkatkan. Penurunan jejak karbon mencapai 80% bila kapasitas pengolahan ditingkatkan menjadi 60 – 88% (Skenario 1). Penurunan jejak karbon bahkan bisa mencapai 89% bila hampir semua sampah (90 – 95%) diolah menjadi produk daur ulang dan kompos (Skenario 2).

Tabel 4. Hasil analisis jejak karbon di TPS Tlogomas

| Pegolahan | Debit//Kredit | Status Quo | Skenario 1 | Skenario 2 | Skenario 3 |
|------------|---|------------|------------|------------|------------|
| Daur ulang | Debit (t CO ₂ -eq/th) | 311 | 403 | 535 | 0 |
| | Kredit (t CO ₂ -eq/th) | -466 | -611 | -822 | 0 |
| Pembuangan | Debit (t CO ₂ -eq/th) | 1.302 | 1.009 | 713 | 4.063 |
| | Kredit (t CO ₂ -eq/th) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | Debit (t CO ₂ -eq/th) | 1.613 | 1.412 | 1,249 | 4.063 |
| | Kredit (t CO ₂ -eq/th) | -466 | -611 | -822 | 0 |
| | Emisi bersih (t CO ₂ -eq/th) | 1,147 | 801 | 427 | 4.063 |
| | Pengurangan emisi terhadap Skenario 3 (%) | 72 | 80 | 89 | 0 |



Gambar 1. Jejak karbon pengolahan sampah di TPS Tlogomas Malang

Tabel 5 menunjukkan volume pengolahan sampah di TPS Tlogomas Malang dan volume sisa sampah yang dibuang ke TPA Supit Urang. Sampah yang diolah pada saat ini (Status Quo) adalah sebesar 1.865 ton/th dari volume keseluruhan sebesar 2.730 ton/th, sehingga volume sampah yang dibuang ke TPA Supit Urang berkurang menjadi sebesar 865 ton/th atau sebesar 68%. Peningkatan kapasitas

pengolahan sebesar 60 – 88% (Skenario 1) dan 90 – 95% (Skenario 2) akan meningkatkan volume sampah yang diolah menjadi produk daur ulang sebesar masing-masing 2.110 ton/th dan 2.389 ton/th dan menurunkan volume sampah yang dibuang ke TPA menjadi masing-masing sebesar 621 ton/th atau sebesar 77% dan 341 ton/th atau sebesar 88%.

Tabel 5. Volume sampah yang diolah di TPS Tlogomas Malang

| | Status Quo | Skenario 1 | Skenario 2 | Skenario 3 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Volume total (ton/tahun) | 2.730 | 2.730 | 2.730 | 2.730 |
| Sampah diolah (ton/tahun) | 1.865 | 2.110 | 2.389 | 0 |
| Sampah dapur | 986 | 1.079 | 1.164 | 0 |
| Sampah halaman | 657 | 719 | 776 | 0 |
| Kertas | 55 | 68 | 88 | 0 |
| Plastik | 153 | 227 | 340 | 0 |
| Gelas | 9 | 10 | 11 | 0 |
| Metal | 3 | 4 | 6 | 0 |
| Aluminium | 2 | 3 | 4 | 0 |
| Volume sampah dibuang (ton/tahun) | 865 | 621 | 341 | 2.730 |
| Pengurangan (%) | 68 | 77 | 88 | 0 |

Hasil tersebut menunjukkan bahwa inisiatif pengolahan sampah oleh Pemkot Malang yang diterapkan di TPS Tlogomas pada saat ini berhasil menurunkan jejak karbon atau emisi GRK sebesar 72% dibandingkan emisi apabila semua sampah dibuang ke TPA Supit Urang. Aktifitas pengolahan sampah ini sebaiknya terus ditingkatkan agar persentase penurunan jejak karbon menjadi semakin besar. Penurunan jejak karbon bisa mencapai 89% bila hampir semua sampah diolah menjadi produk daur ulang dan kompos. Penurunan jejak karbon

akan lebih besar lagi apabila kapasitas pengolahan sampah juga dilakukan di 10 TPS lain yang saat ini sudah melakukan pengolahan. Selain itu peningkatan kapasitas pengolahan sampah juga dapat dilakukan di TPS-TPS lainnya yang ada di Kota Malang, khususnya TPS yang memiliki luas tanah yang cukup (> 100 m²). Dengan demikian Kota Malang bisa berperan dalam upaya penurunan target penurunan emisi GRK sebesar 26% pada tahun 2020 yang dicanangkan Presiden Susilo Yudoyono pada Pertemuan Iklim tanggal 17 Desember 2009 di

Kopenhagen dan telah dituangkan dalam Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 (RI, 2011).

Keuntungan lain aktifitas pengolahan sampah di TPS Tlogomas pada saat ini adalah bahwa volume sampah yang dibuang ke TPA Supit Urang dari TPS Tlogomas telah berkurang sebesar 68%. Penurunan volume tersebut bisa mencapai 88% apabila lebih dari 90% sampah diolah di TPS. Apabila kegiatan pengolahan ini juga dilakukan di semua TPS yang ada di Kota Malang yang berjumlah 62 TPS maka pengaruhnya akan sangat signifikan untuk memperpanjang usia pakai TPA Supit Urang. Usaha penurunan volume sampah yang dibuang ke TPA ini harus terus diupayakan karena biasanya pemerintah kota cukup sulit mencari lokasi TPA yang baru. Kendala yang dihadapi bukan saja faktor teknis tetapi juga faktor non teknis. Berdasarkan data Statistik Persampahan Indonesia Tahun 2008 (KNLH, 2008), menunjukkan bahwa sebanyak 60% TPA di Indonesia hanya memiliki masa pakai hingga tahun 2015 dan hampir semua pemerintah kota setempat belum memiliki alternatif lokasi TPA sebagai pengganti TPA yang lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

- Peningkatan fungsi TPS dari tempat penampungan sementara menjadi tempat pengolahan sampah seperti yang telah dilakukan di TPS Tlogomas Malang bisa dijadikan sebagai salah satu cara mengurangi volume sampah yang dibuang di TPA.
- Pengolahan sampah di TPS Tlogomas pada saat ini berhasil menurunkan jejak karbon atau emisi GRK sebesar 72%. Penurunan jejak karbon bisa mencapai 89% dan dan penurunan volume sampah 88% apabila lebih dari 90% sampah diolah di TPS Tlogomas.
- Pengolahan sampah di TPS Tlogomas pada saat ini berhasil menurunkan volume sampah yang dibuang sebesar 68% dibandingkan apabila semua sampah dibuang ke TPA Supit Urang. Usia pakai TPA Supit Urang akan semakin panjang, apalagi apabila kapasitas pengolahan ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Anschutz J., J. IJgoss, and A. Scheinberg. *Putting Integrated Sustainable Waste Management*

Into Practice – Using The ISWM Assessment Methodology. Gouda Netherland: Netherlands Agency for International Cooperation (DGIS), 2004.

Bappeda Kota Malang. *Studi Pengelolaan Sampah Kota Malang*. Malang: Badan Perencanaan

BPS Kota Malang. *Kota Malang Dalam Angka*. Malang: Biro Pusat Statistik Kota Malang, 2011.

Dadd M.F. *Carbon Footprint Assessment Using Life Cycle Thinking of a Material Recycling Facility (MRF): NEWS' MRF as a Case Study*. Thesis, School of Environmental Sciences University of East Anglia, (2007).

Kirkeby J.T., H. Birgisdottir, T.L. Hansen, and T.H. Christensen. *Evaluation of Environmental Impacts from Municipal Solid Waste Management in the Municipality of Aarhus, Denmark (EASEWASTE)*. Waste Management & Research 24 (2006): 16–26.

McDougall F., P. White, M. Franke, and P. Hindle. *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Oxford: Blackwell Science, 2001.

Pandey D., M. Agrawal, and J.S. Pandey. Carbon Footprint: Current Methods of Estimation. Environmental Monitoring and Assessment, (2010): DOI 10.1007/s10661-010-1678-y

Sunarto, 2010. Processing of Municipal Solid Waste in temporary disposal site as the main system to reduce greenhouse gases (Case study at TPS Tlogomas Malang). International Biotechnology Seminar & KBI Congress 2010. Malang, 2010.