

KAJIAN PENENTUAN METODE PENGOLAHAN SAMPAH BERDASARKAN TIMBULAN, KOMPOSISI, DAN KARAKTERISTIK SAMPAH DI UNIVERSITAS DIPONEGORO (STUDI KASUS: FSM, FIB, DAN D3 TEKNIK)

Etika Christina R.M^{*}, Cyntia, Ganjar Samudro, Dwi Siwi Handayani
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
^{*}Email: etikachristina@gmail.com

Abstrak

Jumlah timbunan sampah di FSM, FIB dan D3 Teknik mencapai 0,08 kg/orang/hari dengan sumber sampah gedung, taman/jalan, dan kantin. Jumlah sampah yang dapat digunakan sebagai bahan untuk pengomposan dan briket bioarang adalah FSM 944,61 L, FIB 127,06 L, dan D3 Teknik 101,07 L. Hasil uji karakteristik sampah didapatkan nilai kadar air FSM 36,6%, FIB 28,79 % dan D3 Teknik 50,58 % . Nilai kadar abu FSM 10,5% , FIB 4,35%, dan D3 Teknik 4,09%. Rasio C/N untuk FSM 27,45 : 1, FIB 30,7 : 1 dan D3 Teknik 30,4 :1. Kadar kalori dari sampah FSM 4.089 kkal/kg, FIB 4.274 kkal/kg, dan D3 Teknik 3.743 kkal/kg. Rumus empiris sampah organik (sisa makanan dan daun) di FSM $C_{222}H_{477}O_{221}N_7S$, FIB $C_{242}H_{513}O_{237}N_7S$, dan D3 Teknik $C_{210}H_{446}O_{206}N_6S$. Pada penelitian ini berdasarkan hasil timbunan, komposisi, dan karakteristik sampah yang dihitung di FSM, FIB dan D3 Teknik , kemudian dihubungkan dengan standar karakteristik sampah dari berbagai referensi didapatkan hubungan timbunan, komposisi dan karakteristik sampah terhadap metode pengolahan secara anaerobic digestion, pengomposan, briket bioarang, insenerasi dan recycle.

Kata kunci: analisis karakteristik, pengolahan, kompos, sampah, timbunan.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya aktivitas manusia mengakibatkan semakin meningkatnya jumlah dan variasi sampah yang dihasilkan (DKP Kota Semarang, 2013). Berdasarkan Darmasetiawan (2004), sampah dihasilkan dari berbagai sumber, salah satunya berasal dari fasilitas umum, dan universitas merupakan bagian dari fasilitas umum yang menghasilkan sampah dari aktivitas pendidikan dan penelitiannya. Manajemen persampahan yang berdasar pada data komposisi sampah dan kondisi daur ulang sampah di suatu tempat akan lebih sukses diterapkan bila dibandingkan dengan mengadaptasi program pengelolaan sampah dari tempat lain, sehingga sangat penting untuk mengetahui kondisi lapangan sesungguhnya tentang karakteristik dan komposisi sampah (Vega dkk., 2008). Untuk itu diperlukan penelitian terkait studi timbunan, komposisi dan karakteristik sampah yang dihasilkan dengan lingkup yang lebih sempit untuk mendukung pelaksanaan sistem pengelolaan sampah terintegrasi di lingkungan kampus Universitas Diponegoro.

Penentuan timbunan sampah biasanya dinyatakan dalam volume dan berat. Komposisi sampah merupakan penggambaran dari masing-masing komponen yang terdapat pada sampah dan distribusinya. Biasanya dinyatakan dalam persen berat (% berat). Dengan mengetahui komposisi sampah dapat ditentukan cara pengolahan yang tepat dan yang paling efisien sehingga dapat diterapkan proses pengolahannya (Damanhuri, 2010). Karakteristik sampah yang dianalisis biasanya meliputi karakteristik fisik, kimia, dan biologi. Karakteristik yang berupa densitas sampah, kadar air, kadar abu, nilai kalor, dan rasio C/N diperlukan untuk menghitung beban massa dan volume total sampah yang harus dikelola, baik untuk sistem transportasi maupun di TPA dan perencanaan pengolahan sampah (Ruslinda dkk., 2012).

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro meliputi 3 tahap: (1) persiapan, (2) pengumpulan data, (3) analisis data.

2.1 Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal sebelum dimulainya pengumpulan data dan analisis yang dimulai dari tahap administrasi, penentuan metode pengambilan data, persiapan peralatan. Penelitian ini dilakukan selama 8 hari pada bulan Juni 2015 di Fakultas Sains dan Matematika, Fakultas Ilmu Budaya, dan D3 Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Pengukuran timbulan dan komposisi menggunakan metode SNI 19-3964-1994, dengan alat ukur berupa kotak ukur bervolume 40 L, timbangan, dan untuk karakteristik diambil sampel sampah organik (sisa makanan dan daun). Pengujian karakteristik menggunakan metode *ASTM (American's Society for Testing And Material)*.

2.2 Pengumpulan Data

Pengukuran jumlah timbulan dan komposisi menggunakan metode SNI 19-3964-1994. Pengukuran dilakukan dengan kotak ukur 40 L, *trash bag* dibagikan satu hari sebelum pengukuran agar sampah dikumpulkan ke dalam *trash bag* yang disediakan. Pengukuran komposisi sampah sesuai dengan metode SNI 19-3964-1994 yaitu dengan pembagian 11 jenis sampah antara lain sampah organik berupa sisa makanan, daun, kertas, kayu, kain, karet, plastik, logam, gelas/kaca, sampah lain-lain (batu, pasir, keramik), dan B3.

Dari sampel sampah yang ada dilakukan uji karakteristik sampah yaitu densitas, kadar air, kadar abu, kadar karbon, kadar nitrogen, dan nilai kalori sampah. Pengambilan sampel sampah untuk pengujian karakteristik menurut SNI 19-3964-1994 sampel diambil dari tiap komponen sampel seberat sesuai perhitungan, lalu aduk merata sampel-sampel tersebut dan dimasukkan ke dalam kantong plastik ditutup rapat dan diangkut ke laboratorium.

2.3 Analisis Data

Analisis data dan pembahasan dituliskan secara deskriptif. Perhitungan timbulan dan komposisi sampah mengacu pada SNI 19-3964-1994 di FSM, FIB, dan D3 Teknik akan dibahas secara mendalam disini. Metode analisis data menggunakan tabulasi yang menggambarkan jumlah timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah. Berikut tahapan analisis yang akan dilakukan.

1. Analisis timbulan, komposisi dan karakteristik
2. Analisis hubungan timbulan, komposisi dan karakteristik sampah terhadap metode pengolahan sampah
3. Penentuan metode pengolahan sampah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan timbulan, komposisi sampah dan karakteristik sampah di FSM, FIB, dan D3 Teknik dapat dilihat sebagai berikut.

3.1 Timbulan

Timbulan volume sampah diukur menggunakan kotak sesuai SNI 19-3964-1994 ukuran 20 x 20 x 100 cm. Pengukuran timbulan sampah dilakukan dengan mengukur volume dan berat timbulan seluruh sampah yang dihasilkan fakultas dalam satu hari. Timbulan berfungsi untuk mengetahui jumlah sampah yang dapat diolah.

3.2 Komposisi

Pengukuran komposisi sampah sesuai dengan metode SNI 19-3964-1994 yaitu dengan pembagian 11 jenis sampah antara lain sampah organik berupa sisa makanan, daun, kertas, kayu, kain, karet, plastik, logam, gelas/kaca, sampah lain-lain (batu, pasir, keramik), dan B3.

3.3 Karakteristik

Karakteristik sampah yang dianalisis untuk pengolahan sampah antara lain adalah densitas sampah, kadar air, kadar abu, kalori sampah, dan rasio C/N. Kelima parameter tersebut akan mempengaruhi hasil dari rekomendasi pengolahan sampah yang tepat untuk dilaksanakan.

3.4 Perhitungan Rumus Empiris/ Komposisi Kimia Sampah

Untuk menentukan rumus empiris atau komposisi kimia dari masing-masing jenis sampah tersebut diperlukan data pengujian *ultimate analysis* yang terdiri atas C, H, O, N, dan S. Data ini diambil dari pengujian *ultimate analysis* yang telah diuji yaitu kadar karbon dan nitrogen untuk sampah daun dan sisa makanan dan data lainnya yang diteliti oleh Pasek dkk (2013). Komposisi kimia yang terdapat dalam sampah padat dapat membantu untuk menghitung dan memperkirakan kebutuhan oksigen atau lainnya dalam proses emisi selama degradasi secara alami ataupun proses pengolahan sampah (Chandrappa dan Das : 2012).

Tabel 1. Pemilihan Alternatif Pengolahan

Parameter	Satuan	Sampah FSM	Sampah FIB	Sampah D3 Teknik	Alternatif Pengolahan (%)															
					Recycle Organik (Daun dan Sisa Makanan)									Insinerasi			Recycle / Bandar Lapak			
					Pengomposan			Briket Bioarang			Anaerobic Digestion									
					FSM	FIB	D3	FSM	FIB	D3	FSM	FIB	D3	FSM	FIB	D3	FSM	FIB	D3	FSM
Timbulan	L	1645,52	784,78	391,24	944,61	127,08	101,01	862,45	92,94	73,3	944,61	127,08	101,01	1645,52	784,78	391,24	568,57	570,3	263,1	
Komposisi	%																			
Daun		52,41	11,8	18,7	52,41	11,8	18,7	52,41	11,8	18,7	52,41	11,8	18,7	52,41	11,8	18,7				
Sisa Makanan		4,99	4,3	7,1	4,99	4,3	7,1				4,99	4,3	7,1	4,99	4,3	7,1				
Kertas		17,53	34,7	36,9											17,53	34,7	36,9	17,53	34,71	36,9
Plastik		2,47	42,6	34											2,47	42,6	34	17,02	37,54	29,9
Kain		0,23	0	0,2											0,23	0	0,2			
Karet		0,01	0,7	0,1											0,01	0,7	0,1			
Kayu		19,32	1,5	0,4											19,32	1,5	0,4			
Logam		0,01	0,2	0,3											0,01	0,2	0,3	0	0,25	0,28
Kaca		0,87	0,2	0,2											0,87	0,2	0,2	0,87	0,18	0,15
B3		0,29	2,2	1,1											0,29	2,2	1,1			
Lain-lain		1,89	1,7	1,1											1,89	1,7	1,1			
Hasil Uji Karakteristik					Kriteria Pengolahan															
Densitas	kg/m ³	180	290	160	<625,6 ⁽¹⁾															
Kadar Air	%	36,6	28,79	50,58	50-60 ⁽²⁾									60-80 ⁽⁵⁾						
Kadar Abu	%	10,5	4,35	4,09	-												3-9 ⁽⁶⁾			
Nilai Kalori	KKal/Kg	4.089	4.274	3.743	-												>2000 ⁽⁷⁾			
Rasio C/N	-	27,45	30,7	30,4	30-35 ⁽³⁾									20-30 ⁽⁵⁾						
Kapasitas Unit Pengolahan	-				-															
Rumus Empiris	-	C ₂₂₂ H ₄₇₇ O ₂₂₁ N ₇ S	C ₂₄₂ H ₅₁₃ O ₂₃₇ N ₇ S	C ₂₁₀ H ₄₄₆ O ₂₀₆ N ₆ S	-												C ₃₅₁ H ₂₃₆₈ O ₁₀₉₉ N ₁₃ S ⁽⁷⁾			

Sumber:

1. Rynk, et al. (1992)
2. Sutanto (2002)
3. Haug (1993)
4. SNI 01-6235-2000
5. Weiland (2006)
6. Anneke, dkk. (2012)
7. Damanhuri (2010)

3.5 Pengolahan Sampah

Pengomposan merupakan salah satu pengolahan yang dapat dilakukan untuk mengolah sampah organik (daun dan sisa makanan). Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian nilai karakteristik sampah organik di FSM, FIB, dan D3 Teknik. Pengolahan kompos yang dapat dilakukan adalah metode *windrow composting* atau metode gundukan. Metode ini merupakan salah satu metode termudah dalam pengolahan sampah, sampah organik ditumpuk diatas lorong udara sampai ketinggian 1,5 m membentuk lajur-lajur dengan panjang sesuai rencana. Kompos akan terbentuk sekitar 5 sampai 6 minggu. Dapat diketahui dari hasil uji kadar air bahwa pada Kampus D3 Teknik lebih banyak menghasilkan jenis sampah sisa makanan dibandingkan dengan Kampus FSM dan FIB. Kadar air yang optimum untuk membuat kompos adalah 50-60% (Sutanto, 2002). Kadar air sampah gedung D3 Teknik sudah memenuhi sebagai bahan kompos. Sedangkan kadar air sampah FSM dan FIB perlu ditambahkan air agar kadar airnya semakin tinggi sebelum digunakan sebagai bahan kompos. Pada parameter rasio C/N sampah FSM belum memenuhi kriteria yang efektif untuk proses pengomposan, menurut T.Haug (1993) rasio C/N yang optimum untuk proses pengomposan berkisar 30-35:1. Maka dari itu, untuk menaikkan rasio C/N dibutuhkan penambahan bahan-bahan kompos yang bisa menaikkan unsur karbon, di antaranya adalah penambahan jerami, batang tebu, dan daun-daunan agar sampah yang akan diolah memiliki rasio C/N yang efektif dalam proses pengomposan. Selain itu analisa karakteristik sampah dapat digunakan untuk menghitung rumus kimia penyusun sampah (C,H,O,N,S) sehingga dapat dihitung berapa kadar C atau N yang perlu ditambahkan pada sampah yang akan digunakan sebagai bahan kompos.

Menurut rumus empiris sampah organik (daun dan sisa makanan) yaitu $C_{222}H_{477}O_{221}N_7S$, dapat diketahui rasio C/N sampah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Rasio C/N} = \frac{222 \times 12,01}{7 \times 14,01} = 27,18$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan rasio C/N sampah sebesar 27,18 %. Rasio ini hampir sama dengan rasio C/N yang sudah diuji di laboratorium, yaitu sebesar 27,45 %. Jika rasio C/N sampah organik (daun dan sisa makanan) yang dibutuhkan dalam proses pengomposan sebesar 30:1, sedangkan rasio C/N sampah yang dihasilkan di FSM sebesar 27,18%, maka diperlukan penambahan karbon dalam sampah dengan perhitungan yang memerlukan data kadar air dan kadar abu sampah. Maka, untuk menaikkan rasio C/N menurut Damanhuri (2010), dibutuhkan penambahan bahan-bahan kompos yang bisa menaikkan unsur karbon, di antaranya adalah penambahan jerami, batang tebu, dan daun-daunan agar sampah yang akan diolah memiliki rasio C/N yang efektif dalam proses pengomposan.

Salah satu bentuk energi terbarukan adalah pengolahan sampah dengan cara pembuatan briket (Krizan, 2011). Briket adalah proses pengolahan sampah yang paling sering dilakukan dan teknologi ini sangat dipengaruhi oleh pemadatan bahan. Teknologi ini menggunakan sifat mekanik dan kimia dari bahan-bahan untuk memadatkan bahan ke dalam bentuk yang kompak (briket) dalam tekanan tinggi (Krizan 2008). Pembuatan bioarang cukup sederhana, tidak memerlukan biaya yang besar, potensi kebutuhan bioarang semakin meningkat sebagai bahan bakar alternatif dan terbarukan, serta dapat memberikan keuntungan apabila dipasarkan. Briket bioarang berbeda dengan arang kayu biasa karena briket bioarang memiliki masa bakar jauh lebih lama dan lebih aman karena api menyala ditengah. Pada dasarnya pembuatan bioarang cukup sedernaha, terdapat 5 proses utama pembuatan biorang yaitu pembakaran, penumbukan, penambahan kanji, pencetakan, dan pengeringan. Pembuatan bioarang memerlukan tempat pembakaran sampah tertutup atau pirolisis untuk proses pengarangan. Selanjutnya arang ditumbuk halus dan ditambahkan kanji sebagai perekat. Kemudian dicetak dan dijemur. Pengeringan briket dengan matahari membutuhkan waktu 2-3 hari hingga siap dikemas.

Menurut Kers dkk. (2010) densitas merupakan parameter penting dalam proses pembuatan briket. Apabila densitas tinggi, rasio energi yang diperlukan juga tinggi. Energi briket berdampak pada ketahanan briket, karena ketika briket energinya tinggi maka kadar air berkurang. Kelembaban yang optimal dalam pembuatan briket adalah 10-18 %. Jika kadar air sangat rendah atau sangat tinggi (itu berarti diluar rentang 10-18%), unsur-unsurnya akan tidak konsisten dan briket mudah hancur. Berdasarkan hasil uji karakteristik nilai rata-rata kadar abu FSM, FIB, dan D3 Teknik yaitu 10,5%, 4,35%, dan 4,09%. Sedangkan nilai kalori FSM, FIB, dan D3 Teknik yaitu 4.089 kal/g, 4.274 kal/g, dan 3.743 kal/g. Nilai karakteritik tersebut berdasarkan SNI 01-6235-2000

tentang Briket Arang, hanya nilai kadar abu dari kampus FIB dan D3 Teknik yang sesuai dengan standar yaitu maksimal 8%. Sedangkan untuk nilai kadar air melebihi standar yaitu lebih dari 8% dan nilai kalori belum sesuai dengan standar karena minimal 5.000 kal/g. Dengan demikian, diperlukan *treatment* awal agar nilai karakteristik sampah sesuai atau mendekati standar briket. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik sampah organik (daun dan sisa makanan) FSM, FIB, dan D3 Teknik dapat digunakan sebagai bahan briket bioarang.

Rasio C/N yang dibutuhkan dalam pengolahan secara anaerobik ini sebesar 20-30 (Weiland, 2006). Menurut Hernandez, dkk. (2008) kadar air optimum agar produksi metan dihasilkan secara maksimal adalah 60%-70%. Kadar air hasil pengujian FSM 36,6%, FIB 28,79% dan D3 Teknik 50,58% perlu ditambahkan air, sehingga kadar air akan meningkat dan secara maksimal dapat memproduksi metan.

Insinerasi merupakan proses pengolahan buangan dengan cara pembakaran pada temperatur yang sangat tinggi (>800°C) untuk mereduksi timbulan yang tergolong mudah terbakar (*combustible*), yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi. Nilai kalor sampah Indonesia mencapai 1.000 – 2.000 kkal/kg-kering. Dapat dicapai proses insinerasi yang ekonomis bila sampah memiliki nilai kalor paling tidak 2.000 kkal/kg-kering, sehingga tidak dibutuhkan energi tambahan dari luar (Damanhuri, 2010). Nilai kalori sampah FSM, FIB, dan D3 Teknik sudah melebihi dari 2000 kkal/kg maka dapat dilakukan pengolahan insinerasi tanpa memerlukan energi tambahan. Sedangkan kadar abu untuk insinerasi menurut (Haug, 1993) yaitu 3-9%, sampah FIB dan D3 Teknik sudah memenuhi, sampah FSM harus dijemur terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan dengan insinerasi karena kadar abu sebesar 10,4%.

Menurut Purwendro dan Nurhidayat (2006) *recycling* ialah pemanfaatan kembali sampah-sampah yang masih dapat diolah. Mendaur ulang diartikan mengubah sampah menjadi produk baru, khususnya untuk barang-barang yang tidak dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama. *Recycle* atau daur ulang sampah yang dilakukan untuk FSM, FIB dan D3 Teknik adalah sampah jenis kertas, plastik, logam dan kaca. Pengolahan sampah secara daur ulang merupakan salah satu cara yang efektif, dengan syarat sampah yang digunakan adalah sampah yang dapat didaur ulang, memiliki nilai ekonomi yang tinggi, tidak menggunakan jenis kertas berlapis minyak atau plastik, untuk sampah nonorganik dilakukan proses pembersihan terlebih dahulu sebelum didaur ulang, dan pemilihan / pengelompokkan sampah menurut jenis sampah.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari kajian penentuan pengolahan sampah ini adalah timbulan sampah, komposisi dan karakteristik sampah dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan pengolahan sampah yang tepat, sekaligus menjadi dasar dalam menetapkan rencana *material balance*. Pengolahan sampah di FSM, FIB dan D3 Teknik Universitas Diponegoro sebagai kawasan pendidikan ditentukan berturut-turut, yaitu pengomposan dan *an-aerobic digestion* untuk komposisi sampah *compostable*, sedangkan *recycle*/bandar lapak dan briket bioarang untuk komposisi sampah *non-compostable*. Gabungan sampah *compostable*, *non-compostable* dan residu dapat dilakukan pengolahan dengan metode insinerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anneke T, Ellen., Selintung, Mery., Zubair, Achmad. 2012. *Studi Karakteristik Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir Di Kabupaten Maros*. Universitas Hasanuddin: Teknik Sipil.
- Badan Standar Nasional. 1994. SNI 19-3694-1994 *Metode Pengambilan Dan Pengukuran Contoh Timbulan Dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Badan Standar Nasional. 2000. SNI 01-6235-2000 *Briket Arang Kayu*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Chandrappa, R., dan Das, D.B. (2012). *Solid Waste Management*. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- Damanhuri, Enri dan Padmi, Dr. Tri. 2010. Diktat Kuliah TL-3014: Pengelolaan Sampah. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Darmasetiawan, M. 2004. *Sampah dan Sistem Pengelolaannya*. Jakarta : Ekamitra Engineering.

- Dinas Kebersihan dan Pertamanan. 2013. *Kumpulan Data Bidang Sarana Prasarana Kota Semarang*. Semarang.
- Hernandez-Berriel, M.C., Benavides, L.M., Perez, D.J.G., Delgado, O.B., 2008. The Effect Of Moisture Regimes On The Anaerobic Degradation Of Municipal Solid Waste From Metepec (Mexico). *Waste Manage.* 28, 14–20.
- Kers, J.; Kulu,P.; Aruniit, A; Laurmaa, V.; Križan,P.; Šooš, L.; and Kask, U. 2010. Determination of physical, mechanical and burning characteristics of polymeric waste material briquettes. Estonia: Tallinn University of Technology.
- Križan, P.; Vukelić, Dj.. 2008. *Shape of pressing chamber for wood biomass compacting; In: QualityFestival 2008; 2nd International quality conference; Kragujevac, Serbia: University in Kragujevac.*
- Pasek, Ari Darmawan., Gultom, Kilbergen W., Suwono, Aryadi. (2013). Feasibility of Recovering Energy from Municipal Solid Waste to Generate Electricity. *Jurnal Engineering Technical.Sci.*45(3): 241-256.
- Purwendro, S. dan Nurhidayat., 2006. Mengolah Sampah untuk Pupuk Pestisida Organik. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Ruslinda, Y. Indah, S. & Laylani, W. 2012. *Studi Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah Domestik Kota Bukittinggi*. ISSN 1829-6084. Jurnal Teknik Lingkungan Unand 9 (1). Vol 1-12 Januari 2012.
- Rynk, R., M. van de Kamp, G.B. Willson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kolega, F.R. Gouin, L. Laliberty Jr., D. Kay, D.W. Murphy, H.A.J. Hoitink, and W.F. Brinton. 1992. *On-Farm Composting Handbook*. New York : The Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension.
- Sutanto, R.2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Yogyakarta: Kanisius.
- T.Haug, Roger. 1993 . *The Practical Handbook of Compost Engineering*. United States : Lewis.
- United Nations Centre for Human Settlements. (1991). *Refuse Collection Vehicles for Developing Countries*. Nairobi. Kenya.
- Vega, C.A., Benitez, S.O. & Barreto, E.R. 2008. *Solid Waste Characterization And Recycling Potential For A University Campus*. *J. Waste Manage.*, 28: S21-S26. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.03.022.
- Weiland, P., 2006. State Of The Art Of Solid-State Digestion–Recent Developments. In: Rohstoffe, F.N. (Ed.), *Solid-State Digestion–State of the Art and Further R&D Requirements*, vol. 24. *Gulzower Fachgespräche*, pp. 22–38.