

## UTILIZATION OF BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) AS A PROBLEM SOLVE OF ORGANIC WASTE

Edza Aria Wikurendra<sup>1</sup>, Novera Herdiani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctoral School of Management and Organizational Science, Faculty of Economic Science and International Relations, Szent Istvan University Kaposvar Campus, 7400 Kaposvar, Guba Sandor Utca 40

<sup>2</sup> Public Health Program Study, Faculty of Health, Nahdlatul Ulama University of Surabaya

Email : [edzaaria@unusa.ac.id](mailto:edzaaria@unusa.ac.id)

Submitted: 20-09-2020, Reviewer: 02-10-2020, Accepted: 10-10-2020

### ABSTRACT

*Organic waste is a type of waste that has the largest amount in Indonesia. If it is not managed properly, organic waste can cause various problems. One solution to this is the use of Black Soldier Fly larvae (Hermetia Illucens) as decomposers of organic matter. The purpose of this study was to analyze the effect of the type of organic waste on the bioconversion of domestic waste using Black Soldier Fly larvae (Hermetia Illucens). This research was done using Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) larvae of 7 days old. Two hundred larvae were used for every feeding treatment and placed in a growing cage. The feeding frequency was varied to once per day and once in four day periods. The weight of 10% of larvae per feeding treatment was measured every four days. The level of removal of vegetable waste, fruit waste, and food waste respectively 52 %; 51 %; 55 % on the frequency of feeding once in four days. The C / N ratio of vegetable waste, fruit waste, and food waste residue was 8,8; 10,1; and 11,9 for the frequency of feeding once in four days, The moisture content in the residue of vegetable waste, fruit waste, and food waste were 92,1% respectively; 74,7%; and 77,2% at the frequency of feeding once in four days and 95,2% respectively; 72,6%; and 82,7% at the frequency of feeding once. The pH value of vegetable waste, fruit waste, and food waste is 5,54 respectively; 4,21; and 4,18 for the frequency of feeding once in four days, and 5,47 each; 5,00; and 4,16 for the frequency of feeding once a day. The suggestion for further research is that further research is needed on the effect of the acidity of the food on the mortality rate of the larvae so that the optimum pH for the growth of Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) larvae can be found.*

**Keywords:** black soldier fly, biodegradable organic solid waste, larvae, reduction

### ABSTRAK

Sampah organik adalah jenis sampah yang jumlahnya terbesar di Indonesia. Apabila tidak dikelola dengan baik, maka sampah organik tersebut dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan. Salah satu solusi dari hal ini adalah pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) sebagai pengurai materi organik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh jenis sampah organik terhadap biokonversi sampah domestik menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*). Penelitian dilakukan dengan menggunakan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) berumur 7 hari. Sebanyak 200 larva ditempatkan dalam kandang plastik dengan volume 1 L untuk setiap perlakuan *feeding*. Variabel penelitian meliputi jenis makanan yaitu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan. hasil penelitian ini adalah Tingkat penyisihan sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan masing-masing 52 %; 51 %; 55 % pada frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari. Rasio C/N residu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan adalah masing-masing 8,8; 10,1; dan 11,9 untuk frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari. Kadar air pada residu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan adalah masing-masing 72,1 %; 74,7 %; dan 79,2 % pada frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari. Nilai pH dari residu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan adalah 5,54; 4,21; dan 4,18 untuk frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari, dan 5,47; 5,00; dan 4,16 sekali dalam sehari. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh tingkat keasaman makanan terhadap tingkat kematian larva sehingga dapat diketahui pH optimum bagi pertumbuhan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*).

**Kata kunci:** black soldier fly, sampah organik biodegradabel, larva, reduksi

## PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan urbanisasi, serta semakin meningkatnya perilaku konsumtif masyarakat, pemerintah dihadapkan dengan tantangan mengenai pengelolaan sampah<sup>1</sup>. Sampah adalah bahan buangan padat maupun semi padat yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan hewan yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak digunakan lagi<sup>2</sup>.

Pengelolaan sampah merupakan salah satu masalah, baik di negara maju maupun di negara berkembang, yang belum terselesaikan sampai sekarang. Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat; adapun pengelolaan sampah merupakan kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah<sup>3</sup>. Saat ini hampir semua negara berkembang memiliki permasalahan dalam pengelolaan sampah termasuk di Indonesia<sup>4</sup>.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan bahwa jumlah timbulan sampah di Indonesia telah mencapai 175.000 ton/ hari atau setara 64 juta ton/ tahun dengan pengelolaan diangkut dan ditimbun di TPA sebanyak 69 %, dikubur 10 %, dikompos dan didaur ulang 7 %, dibakar 5 %, dan sisanya tidak terkelola 7 % selain itu jenis sampah organik di Indonesia memiliki persentase terbesar, yaitu sebesar 60%.

Mengacu pada data tersebut terlihat saat ini pengelolaan sampah masih terkonsentrasi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah tanpa melalui proses 3R (reduce, recycle, reuse) di sumber dengan melibatkan partisipasi masyarakat. Kondisi ini menjadi faktor utama beban Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) menjadi berat dan umur penggunaannya semakin pendek<sup>5</sup>. Salah satu teknologi dalam mengatasi jenis sampah tersebut adalah dengan cara pengomposan. Metode ini digunakan karena dilakukan secara terbuka sehingga dapat mengurangi timbulnya bau

yang menyengat, mudah dan murah untuk dilakukan serta tidak membutuhkan kontrol proses yang terlalu sulit. Dekomposisi bahan dilakukan oleh mikroorganisme di dalam bahan itu sendiri dengan bantuan udara<sup>6</sup>. Pengelolaan sampah dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan sampah di berbagai kota di Indonesia.

Guna mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan suatu upaya pemanfaatan sampah organik yang juga memiliki potensi ekonomi tinggi. Salah satu solusi dari hal ini adalah pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) sebagai pengurai materi organik.

Black Soldier Fly telah diteliti dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya yang mengekstrak energi dan nutrien dari sampah sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, dan kotoran sebagai bahan makanannya<sup>7</sup>. Selain itu, Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) mudah untuk dikembangbiakkan dengan sifatnya yang resisten terhadap musim, meskipun Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) lebih aktif pada kondisi yang hangat, sehingga cocok untuk iklim Indonesia. Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) memiliki kemampuan dekomposisi yang terbaik dibanding dengan organisme maupun mikroorganisme lainnya<sup>8</sup>.

Berdasarkan laporan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi tahun 2010, persentase sampah organik mencapai 65,05 %<sup>9</sup>. Total sampah organik kota, sekitar 60 % merupakan sampah sayuran dan 40 % merupakan gabungan sampah kebun, kulit buah-buahan, dan sisa makanan<sup>10</sup>.

Berdasarkan persentase di atas akan diperoleh timbulan sampah makanan sangat tinggi apabila langsung dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) tanpa pengolahan terlebih dahulu. Didukung faktor tersebut, pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) untuk mereduksi sampah makanan layak untuk

dikembangkan.

## METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yakni penelitian dilaksanakan dengan metode percobaan skala laboratorium yang dilaksanakan di Workshop Penelitian dan di Area Komposting PT. Waste 4 Change Desa Jemundo, Kecamatan Taman, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian dilaksanakan dalam kurun waktu 2 bulan (60 hari) dengan waktu running penelitian selama 24 hari dan dengan 3 (tiga) replikasi. Hasil akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui persen reduksi sampah organik melalui pemanfaatan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*).

Persentase reduksi yang diperoleh kemudian digunakan untuk melihat potensi pemanfaatan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) sebagai salah satu upaya reduksi sampah organik.

## Kerangka Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran umum pelaksanaan penelitian, yang disusun secara berurut berdasarkan tahapan pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan akhir yang diinginkan.

Penyusunan kerangka penelitian harus didasarkan pada studi literatur yang dilakukan, baik dari jurnal ilmiah, buku teks, laporan tugas akhir, yang mendukung pada penelitian pemanfaatan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) untuk reduksi sampah organik.

## Metode Analisa Data

Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, karakteristik hasil dekomposisi sampah oleh larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) dianalisis berdasarkan uji kadar air, uji pH, dan uji kandungan C/ N dari residu yang dihasilkan.

Analisis dan pembahasan data harus disesuaikan dengan studi literatur yang telah dilakukan sebagai pendukung maupun pembandingan hasil yang diperoleh.

Semua faktor yang berpengaruh secara sengaja maupun tidak sengaja selama pelaksanaan penelitian harus dibahas secara detail untuk mendapatkan hasil analisis dan kesimpulan yang terbaik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian beserta pembahasannya akan disajikan sebagai berikut :

### Tingkat penyisihan sampah organik oleh Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)

Tabel 1. Persentasi tingkat penyisihan sampah organik oleh Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) dengan berbagai frekuensi feeding.

Sampah	Persentasi tingkat penyisihan (%)	
	Frekuensi 1 x 4	Frekuensi 1 x 1
Sayur	52 %	50 %
Buah	51 %	62 %
Makanan	55 %	67 %

Menentukan efektivitas pemanfaatan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) dalam mereduksi sampah makanan dapat dilihat dari besarnya persentase reduksi sampah yang berhasil dilakukan. Persentase reduksi sampah dihitung berdasarkan perbandingan berat akhir residu hasil dekomposisi dengan berat total sampel yang ditambahkan<sup>11</sup>. Persentase reduksi terbesar dicapai untuk sampel sampah makanan dengan frekuensi *feeding* sekali dalam sehari sebesar 67 %. Persentase reduksi paling rendah diperoleh pada sampel sayur yaitu 50 % untuk frekuensi *feeding* sekali sehari.

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, ketiga jenis sampel menghasilkan persentase reduksi yang cukup baik yaitu mencapai lebih dari 50% untuk setiap jenis sampah. Melalui beberapa penelitian yang telah dilakukan, rata-rata persentase reduksi yang berhasil dicapai berkisar pada 50 %. Seperti percobaan terhadap kotoran sapi sebesar 56 %<sup>12</sup>, sebesar 50% untuk kotoran manusia<sup>13</sup>, dan sebesar minimal 50% untuk beberapa jenis kotoran<sup>14</sup>. Berdasarkan frekuensi *feeding*-nya, dua dari tiga jenis sampah yang diujikan menunjukkan menghasilkan persentase reduksi yang lebih baik dibanding *feeding* dengan frekuensi sekali dalam 4 (empat) hari, yaitu mencapai 67 %. Selain berdasarkan jenis makanan yang diberikan, porsi makanan turut berpengaruh terhadap persentase reduksi yang diperoleh<sup>13</sup>.

### Rasio C/N residu sampah organik

Tabel 2. Rasio C/N residu sampah organik hasil dari *feeding* Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)

Sampah	Rasio C/N akhir	
	Frekuensi 1 x 4	Frekuensi 1 x 1
Sayur	8,8	8,3
Buah	10,1	9,2
Makanan	11,9	10,6

Pada frekuensi *feeding* sekali dalam satu hari, terjadi penurunan rasio C/N

untuk semua sampel. Adanya proses degradasi oleh Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) dan juga oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam masing-masing sampel sebagai sumber energi juga menyebabkan penurunan rasio C/N<sup>15</sup>. Adanya peningkatan atau penurunan kadar N-total ini dikarenakan adanya pembentukan gas ammonia di dalam sampel pada saat proses degradasi protein sampah oleh mikroorganisme<sup>2</sup>. Aktifitas larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) dan bakteri di dalam sampah organik yang diberikan juga turut menurunkan kadar N yang dikonversikan menjadi biomassa<sup>1</sup>. Pemanfaatan larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) juga diketahui dapat mereduksi hingga 55 % kadar nitrogen dari kotoran sapi<sup>12</sup> mencapai 80,5 % untuk beberapa jenis kotoran lainnya<sup>1</sup>.

Adanya perbedaan kadar protein untuk masing-masing sampel mengakibatkan perbedaan kadar N-total. Protein dengan bantuan bakteri heterofik akan dikonversi menjadi ammonia<sup>16</sup>. Sehingga, semakin kandungan N-total akan sebanding dengan kandungan proteinnya. Berdasarkan kandungan protein masing-masing sampel, sampah makanan kantin dan sampah pakan memiliki kandungan yang lebih tinggi dibandingkan sampah mentimun dan sampah pisang. Namun jika dibandingkan dengan kadar N-total akhir yang diperoleh, kadar N-total untuk sampel pakan ayam lebih rendah jika dibandingkan dengan sampah pisang. Adanya ketidaksesuaian ini kemungkinan dapat disebabkan adanya kesalahan pada saat pelaksanaan analisis N-organik yang dilakukan. Kesalahan juga dapat terjadi karena disebabkan penyimpanan sampel yang terlalu lama, yang mengakibatkan perubahan kimia pada sampel. Sesuai dengan Standart Method, penyimpanan sampel untuk analisis N-total dapat dilakukan dengan penyimpanan pada suhu -20°C selama < 28 hari atau dengan penambahan asam pekat pada suhu 4°C selama < 28 hari. Sementara penyimpanan

yang dilakukan terhadap sampel sebelum dianalisis sudah melebihi 28 hari.

Sebagai upaya pemanfaatan, residu yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk pengomposan ataupun untuk biogas<sup>1</sup>. Namun dikarenakan proses pengomposan maupun biogas masih membutuhkan waktu untuk prosesnya, sehingga upaya pemanfaatan residu sebagai pupuk organik dapat menjadi pilihan.

Menurut Surat Keputusan Menteri Pertahanan No.2 Tahun 2006, C/N rasio untuk pupuk organik adalah 10-15 dengan kadar C-organik > 12 %. Berdasarkan SK tersebut, maka dinyatakan residu hasil dekomposisi larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) untuk frekuensi *feeding* sekali dalam tiga hari cocok untuk dijadikan sebagai pupuk organik. Untuk hasil dekomposisi dengan frekuensi *feeding* sekali dalam sehari masih perlu dilakukan penambahan sumber karbon seperti dengan menambahkan sampah kebun untuk meningkatkan rasio C/N-nya. Sampah kebun memiliki kadar karbon yang tinggi yaitu sebesar 46%, dengan kadar nitrogen sebesar 2,2 %<sup>2</sup>.

### Kadar air pada residu sampah organik

Tabel 3. Kadar Air residu sampah organik hasil dari *feeding* Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)

Sampah	Kadar Air (%)	
	Frekuensi 1 x 4	Frekuensi 1 x 1
Sayur	72,1 %	73,2 %
Buah	74,7 %	76,2 %
Makanan	79,2 %	82,7 %

Penentuan kadar air sampel di awal percobaan dilakukan dengan pemanasan pada suhu 105° C selama 24 jam. Kadar air awal sampel diperlukan untuk mengetahui berat basah sampah yang akan digunakan selama penelitian<sup>1</sup>. Kadar air sampah perlu diketahui sebelum diberikan kepada larva, karena diketahui kadar air turut mempengaruhi pertumbuhan Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)<sup>13</sup>.

Tabel 3 dapat dilihat bahwa sampah makanan memiliki kadar air paling

tinggi yaitu 82,7 % dan sampah sayur dengan kadar air paling rendah yaitu 72,1 %. Kadar air optimum untuk makanan larva adalah 60-90 %<sup>17</sup>. Kemudian masing-masing sampel ditimbang berdasarkan porsi yang dibutuhkan yang dikemas dalam plastik ber-zipper dan disimpan di dalam freezer untuk menjaga kualitasnya dan untuk menghindari serangga atau lalat lain bertelur pada sampah yang disiapkan<sup>11</sup>.

Berat kering rata-rata porsi makanan yang diberikan yaitu 40 mg/ larva/ hari<sup>11</sup>, dengan variasi setiap enam hari yaitu 15 mg/ larva/ hari, 35 mg/ larva/ hari/ 50 mg/ larva/ hari, dan 60 mg/ larva/ hari. Semakin tinggi kadar air sampah, maka semakin banyak sampah yang disiapkan.

### Nilai pH residu sampah organik hasil dekomposisi

Tabel 4. Nilai pH residu sampah organik hasil dari *feeding* Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)

Sampah	Kadar Air (%)	
	Frekuensi 1 x 4	Frekuensi 1 x 1
Sayur	72,1 %	73,2 %
Buah	74,7 %	76,2 %
Makanan	79,2 %	82,7 %

Hasil pengukuran pH akhir menunjukkan kenaikan pH untuk semua sampel. Tingginya aktifitas mikroorganisme di dalam sampah dapat mengakibatkan peningkatan dan penurunan nilai pH<sup>18</sup>. Kemampuan sebagian besar mikroorganisme hidup dalam kondisi anaerob, memanfaatkan energi yang berasal dari proses fermentasi senyawa organik. Zat gula akan dikonversi menjadi beberapa produk, di antaranya senyawa organik asam. Senyawa organik ini akan keluar bersama sel tubuh mikroorganisme dan mengakibatkan penurunan nilai pH.

Adanya proses pelepasan kandungan protein, peptida, dan asam amino dari proses degradasi juga turut mengakibatkan penurunan nilai pH<sup>18</sup>.

Deaminasi, yaitu proses asam amino sebagai  $\text{NH}_3$ , akan membentuk ammonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ketika terjadi pelepasan  $\text{NH}_3$ <sup>18</sup>. Penggunaan anion, seperti nitrat dari  $\text{NaNO}_3$ , mengakibatkan penurunan nilai pH. Sebaliknya, penggunaan kation seperti ion amonium dari  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  akan mengakibatkan peningkatan nilai pH. Adanya kandungan air di dalam sampah yang diujikan akan menciptakan reaksi antara  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{H}_2\text{O}$ . Reaksi ini akan membentuk  $\text{NH}_4^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  yang menyebabkan penurunan pH pada sampel<sup>19</sup>. Sehingga dapat dinyatakan kenaikan  $\text{NH}_3$  berbanding lurus dengan kenaikan nilai pH.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat penyisihan sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan masing-masing 52 %; 51 %; 55 % pada frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari. Pada frekuensi *feeding* sekali dalam sehari diperoleh hasil masing-masing 50 %; 62 %; 67 %.
2. Rasio C/N residu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan adalah masing-masing 8,8; 10,1; dan 11,9 untuk frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari, dan masing-masing 8,3; 9,2; dan 10,6 pada frekuensi *feeding* sekali dalam sehari.
3. Kadar air pada residu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan adalah masing-masing 72,1 %; 74,7 %; dan 79,2 % pada frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari dan masing-masing 73,2 %; 76,2 %; dan 82,7 % pada frekuensi *feeding* sekali dalam sehari.
4. Nilai pH dari residu sampah sayuran, sampah buah-buahan, dan sampah makanan adalah masing-masing 5,54; 4,21; dan 4,18 untuk frekuensi *feeding* sekali dalam empat hari, dan masing-masing 5,47; 5,00; dan 4,16 untuk

frekuensi *feeding* sekali dalam sehari.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada kedua orang tua, Prodi Kesehatan Masyarakat Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, pemberi hibah Penelitian Dosen Pemula yakni Kementristekdikti dan semua pihak yang telah membantu (PT. Waste 4 Change).

### DAFTAR PUSTAKA

1. Diener, S., Solano, N.M.S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C., Tockner, K. 2011. *Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae*. Waste Biomass Valor, 2: 357-363.
2. Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. Mc Graw-Hill, Inc.
3. Anonim. 2008. *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta: Sekretariat Negara.
4. Dortmans B. 2015. *Valorisation of organic waste-Effect of the feeding regime on process parameters in a continuous black soldier fly larvae composting system [theses]*. Swedish (SE): University of Agricultural Sciences.
5. Suyanto E, Soetarto E, Sumardjo, Hardjomidjojo H. 2015. *Model kebijakan pengelolaan sampah berbasis partisipasi "Green Community" mendukung kota hijau*. Mimbar. 31(1):143-152.
6. Kanwal, S., Iram, S., Khan, M. and Ahmad, I. 2011. *Aerobic composting of water lettuce for preparation of phosphorus enriched organic manure*. African Journal of Microbiology

- Research Vol. 5(14). pp. 1784-1793.
7. Popa, R. dan Green, T. 2012. *DipTerra LCC e-Book 'Black Soldier Fly Applications'*. DipTerra LCC.
  8. Guerero, L. A., Maas, G., Hogland, W. 2013. *Solid Waste Management Challenges For Cities In Developing Countries- Review*. Waste Management Journal. Vol 33(1): 220 – 232.
  9. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2010. *Evolusi Teknologi Pengolahan Sampah* (<http://www.enviro.bppt.go.id/Berita/Data/25052010.htm>, diakses pada 4 September pukul 15.49 WIB).
  10. Kusnadi, Syulasm, A., Adisendjaja, Y.H. 2009. *Laporan Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2009 (Energi Terbarukan): 'Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol Sebagai Energi Alternatif'*. Bandung : Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UPI.
  11. Diener, S. 2010. *A Disertation: Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly, Hermetia illucens, in Low and Middle-Income Countries*. Swiss: ETH Zurich.
  12. Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., Dove, R. 2005. *Using The Black Soldier Fly, Hermetia Illucens, As A Value-Added Tool For The Management Of Swine Manure*. California: North California Animal and Poultry Waste Management Center.
  13. Kroes, K. 2012. *Thesis: Design and Evaluation of A Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Rearing System*. Belanda: Wageningen University.
  14. Sheppard. C.D., Newton, G.L., Thompson, S.A., Savage, S. 1994. *A Value Added Manure Management System Using the Black Soldier Fly*. Bioresource Technology 50: 275-279.
  15. Selintung, M., Zubair, A., Anneke, E. T.2013. *Skripsi: 'Studi Karakteristik Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir Di Kabupaten Maros'*. Makassar: Universitas Hasanudin.
  16. Sawyer, C.N., McCarthy, P.L., Parkin, G.F., 1994. *Chemistry for Environmental Engineering and Science, 4th ed*. McGraw-Hill International Edition, New York, pp. 365–577.
  17. Alvarez, L. 2012. *A Dissertation: The Role of Black Soldier Fly, Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Management in Northern Climates*. University of Windsor. Ontario.
  18. Gaudy, A.F, dan Gaudy, E.T. 1980. *Microbiology for Environmental Engineering Scientist and Engineers*. New York: John Wiley & Sons Inc.
  19. Mirwan M. 2013. *Optimasi pengomposan sampah kebun dengan variasi aerasi dan penambahan kotoran sapi sebagai bioaktivator*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan 4(1):61-66.