

BIOCONVERSION OF MUNICIPAL ORGANIC WASTE USING BLACK SOLDIER FLY LARVAE INTO COMPOST AND LIQUID ORGANIC FERTILIZER

Abdul Kahar^{1)*}, Muhammad Busyairi²⁾, Sariyadi²⁾, Agus Hermanto³⁾, Ari Ristanti³⁾

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Mulawarman University
Gunung Kelua Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda – 75119, Indonesia

² Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Mulawarman University
Gunung Kelua Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda – 75119, Indonesia

³ Corporate Social Responsibility (CSR) PT. Pupuk Kalimantan Timur (PKT),
Jl. James Simandjuntak No. 1, Bontang – 75313, Indonesia

* E-mail corresponding author: kahar.abdul@gmail.com

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|--|--|
| <p><i>Article history:</i> Received: 18-08-2020 Received in revised form: 15-10-2020 Accepted: 16-10-2020 Published: 17-10-2020</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Bioconversion Organic waste BSF larvae Maggots</p> | <p><i>Bioconversion of municipal organic waste using Black Soldier Fly larvae provides potential benefits. Apart from reducing municipal solid waste, BSF larvae (maggot) offer valuable added value as animal feed. The purpose of this study was to analyze the potential of BSF larvae in the bioconversion process of municipal organic waste, to analyze the quality of the compost produced and to analyze the nutrition content of BSF larvae (maggot). BSF eggs in hatching are covered with gauze which are given organic waste feed, then after hatching they become BSF larvae transferred to enlargement media. BSF larvae are fed leftovers that enter the TPST, so that the enlargement medium is wet. Feeding leftovers from TPST is done every day. The rearing time for BSF larvae is for one life cycle. Maggot harvesting is carried out at the age of the larva about 2-3 weeks. The final products of organic waste bioconversion are BSF larvae (maggot), compost and POC. It was found that the BSF larvae (maggot) could reduce organic waste (municipal organic waste) by 47.75%. Where the ability of BSF larvae (maggot) to consume municipal organic waste is 26,1508 g waste / g maggot. The protein, crude fat and ash content in maggots which were given organic waste were 41.8%, 14.63% 9.12%, respectively.</i></p> |

BIOKONVERSI SAMPAH ORGANIK PERKOTAAN MENGGUNAKAN LARVA BLACK SOLDIER FLY MENJADI KOMPOS DAN PUPUK ORGANIK CAIR

Abstrak- Biokonversi sampah organik perkotaan menggunakan larva *Black Soldier Fly* memberikan potensi keuntungan. Selain pengurangan sampah padat perkotaan, larva BSF (maggot) menawarkan nilai tambah yang berharga sebagai pakan ternak. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis potensi larva BSF dalam proses biokonversi sampah organik perkotaan, menganalisis kualitas kompos yang dihasilkan dan menganalisis kandungan nutrisi larva BSF (maggot). Telur BSF pada penetasan, ditutup kasa yang diberikan pakan sampah organik, kemudian setelah menetas menjadi larva BSF dipindahkan ke media pembesaran. Larva BSF diberi pakan sisa-sisa makanan yang masuk ke TPST, sehingga media pembesaran bersifat basah. Pemberian pakan sisa-sisa makanan dari TPST dilakukan setiap hari. Waktu pembesaran larva BSF selama satu siklus hidup. Panen maggot dilakukan pada umur larva sekitar 2-3 minggu. Produk akhir biokonversi sampah organik adalah larva BSF (maggot), kompos dan POC. Diperoleh bahwa larva BSF (maggot) dapat mereduksi sampah organik (sampah padat perkotaan) sebesar 47.75%. Dimana kemampuan larva BSF (maggot) mengkonsumsi sampah organik perkotaan adalah 26.1508 g sampah/g maggot. Kandungan protein, lemak kasar dan kadar abu pada maggot yang diberi sampah organik berturut-turut adalah 41.8%, 14.63% 9.12%.

Kata kunci : biokonversi, sampah organik, larva, BSF, maggot.

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah padat perkotaan (*Municipal Solid Waste*) merupakan isu lingkungan di banyak negara, baik negara maju maupun negara-negara berkembang. Pembuangan sampah padat perkotaan merupakan masalah yang serius dan terus meningkat dari tahun ke tahun, seiring dengan meningkatnya pertambahan jumlah penduduk. Selain menjadi media penyebaran penyakit, bau yang tidak sedap, sampah juga dapat menyebabkan semakin parahnya bencana alam seperti banjir. Oleh karenanya, peran aktif masyarakat dan perusahaan sangat dibutuhkan, sebagai bentuk kepedulian dan tanggung jawab social terhadap lingkungan sekitar. Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah Kota Bontang untuk mengurai permasalahan sampah padat perkotaan adalah dengan membangun Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Bessai Berinta, Bontang Kuala, Bontang Utara.

Sampah padat perkotaan merupakan sampah organik berupa sisa-sisa makanan, sampah sayur-sayuran, buah-buahan, dan daun-daunan, berasal dari perumahan, restoran, warung, kafe, hotel dan pasar yang masuk ke TPST. Pemilahan sampah padat perkotaan yang masuk ke TPST Bessai Berinta masih dilakukan secara manual. Karenanya memakan waktu yang terlalu lama, sehingga sering terjadi penumpukan dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Dalam upaya mengurangi penumpukan dan memanfaatkan sampah-sampah organik tersebut, maka dilakukan biokonversi sampah organik perkotaan menggunakan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) di TPST.

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis potensi *Black Soldier Fly* (BSF) dalam proses biokonversi sampah organik perkotaan, menganalisis kualitas pupuk organik (kompos) yang dihasilkan dan menganalisis kandungan nutrisi larva BSF (maggot) sebagai pakan ternak.

Biokonversi Sampah oleh Larva BSF

Biokonversi bahan-bahan organik oleh larva BSF (maggot) metode daur ulang yang sangat efektif dan memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi. Larva BSF sangat menguntungkan, karena maggot mampu mengkonversi sampah-sampah organik, baik hewan, tumbuhan, maupun kotoran manusia lebih baik dari serangga yang lain. Larva BSF dapat mengkonversi apa saja, seperti sisa makanan, sampah, makanan yang telah terfermentasi, sayuran, buah-buahan, daging, tulang lunak, kotoran hewan bahkan makan bangkai hewan. Larva BSF (maggots) tergolong "kebal" dan dapat hidup di lingkungan yang cukup ekstrim, seperti di media atau sampah yang mengandung garam, alkohol, asam dan ammonia (Diener *et al.*,

2011; Suciati dan Faruq, 2017; Gangadhar *et al.*, 2018).

Larva dapat makan dengan cepat, mengkonsumsi 25-500 mg bahan segar per hari. Kemampuan larva BSF hidup dalam berbagai media bahan-bahan organik dengan kisaran pH yang luas (Gangadhar *et al.*, 2018; Diener *et al.*, 2011). Larva BSF dapat mengurai bahan-bahan organik karena dalam saluran pencernaannya mengandung beberapa bakteri (Yu *et al.*, 2011). Bakteri yang teridentifikasi dalam sistem pencernaan larva BSF, adalah *Micrococcus sp*, *Streptococcus sp*, *Bacillus sp* dan *Aerobacter aerogens* (Wardhana, 2016).

Siklus Hidup *Black Soldier Fly*

Siklus hidup BSF berkisar antara beberapa minggu hingga beberapa bulan, tergantung pada temperatur lingkungan, serta kualitas dan kuantitas makanan (Gangadhar *et al.*, 2018). Siklus hidup BSF dari telur hingga menjadi lalat dewasa berlangsung sekitar 40-43 hari, tergantung dari kondisi lingkungan dan media pakan yang diberikan. BSF berwarna hitam dan bagian segmen basal abdomennya berwarna transparan (*wasp waist*), sekilas terlihat menyerupai abdomen lebah. Panjang BSF antara 15-20 mm dan mempunyai waktu hidup 5-8 hari (Wardhana, 2016; Gangadhar *et al.*, 2018). Siklus hidup lalat BSF (*Hermetia illucens*) memiliki lima fase; yaitu fase dewasa, fase telur, fase prepupa, dan fase pupa (Suciati dan Faruq, 2017).



Gambar 1. Lalat BSF Jantan (kiri) dan Betina (kanan)

Larva BSF dewasa berbentuk pipih dan memiliki tubuh berwarna coklat kemerahan, memanjang dan agak pipih. Ukuran larva bisa mencapai panjang 27 mm, lebar 6 mm dan berat hingga 220 mg pada tahap akhir larva (Gangadhar *et al.*, 2018; Diener *et al.*, 2011). Sebagaimana terlihat ada Gambar 1.

Siklus hidup BSF dimulai dari sekitar 500 telur diletakkan dalam kelompok yang menetas dalam waktu 4-21 hari. Panjangnya sekitar 1 mm, telur berbentuk oval memanjang berwarna kuning pucat atau berwarna krem saat baru diletakkan, tetapi menjadi gelap seiring waktu. Ketika baru menetas, larva berwarna putih krem dan panjang sekitar 1,8 mm, agak pipih, dengan kepala kecil berwarna kekuningan hingga hitam. Kulitnya keras dan kasar. Dalam kondisi optimal, larva membutuhkan waktu dua minggu untuk mencapai tahap *pre-pupa*, tetapi periode ini dapat meningkat menjadi lima bulan jika makanan terbatas. Saat mencapai tahap *pre-pupa*, larva BSF akan mengosongkan saluran pencernaannya dan berhenti makan dan bergerak (Gangadhar *et al.*, 2018).

Larva BSF memiliki beberapa karakter diantaranya; yaitu dapat mereduksi sampah organik; mampu hidup dalam rentang pH yang tinggi; tidak membawa gen penyakit, memiliki kandungan protein yang tinggi (40-50%); masa hidup larva cukup lama (\pm 4 minggu); dan mudah dibudidayakan (Suciati dan Faruq, 2017).

Kondisi optimal untuk pemeliharaan larva BSF berada pada kisaran temperature 29-31 °C dan kelembapan antara 50-70 %. Luas rumah kaca untuk memelihara koloni dewasa berkembang biak sepanjang tahun dengan pencahayaan dan udara yang alami, minimal 66 m³ agar memungkinkan proses perkawinan. Rumah kaca membutuhkan kelembapan dan wadah serta media yang baik untuk menarik betina dewasa bertelur (Barry, 2004).

Temperatur optimal untuk perkawinan dan oviposisi berturut-turut adalah 24-40 °C dan 27,5-37,5 °C. Kisaran kelembapan relatif dalam toleransi antara 30-90% (Sheppard *et al.*, 2002) dan 50-90% (Barry, 2004).

Manfaat Larva BSF

Disamping dapat mengurangi sampah padat perkotaan, menghasilkan produk yaitu larva BSF yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, dengan sumber protein yang tinggi. Penggunaan Maggot BSF ini sangat direkomendasikan, karena mempunyai keuntungan, yaitu lebih ekonomis, ramah lingkungan, kandungan protein tinggi, membuka peluang usaha untuk meningkatkan pendapatan petani. Memberikan informasi kepada masyarakat umum dan UKMK untuk pemanfaatan sampah organik sebagai pakan larva BSF (maggot) untuk mendapatkan pakan ikan dan hewan ternak.

Pemanfaatan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) sebagai biokonversi sampah organik perkotaan, memberikan potensi keuntungan. Selain pengurangan sampah padat perkotaan, produk dalam bentuk larva BSF, yang disebut prapupa, menawarkan nilai tambah yang berharga sebagai pakan ternak. Sehingga dapat

membuka peluang usaha baru bagi masyarakat menengah kecil di negara berkembang (Diener *et al.*, 2011).

Penggunaan insekta sebagai sumber protein telah banyak didiskusikan oleh para peneliti di dunia. Protein yang bersumber dari insekta lebih ekonomis, bersifat ramah lingkungan dan mempunyai peran yang penting secara alamiah (Wardhana, 2016). Protein berperan penting dalam suatu formula pakan ternak karena berfungsi dalam pembentukan jaringan tubuh dan terlibat aktif dalam metabolisme seperti enzim, hormon, antibodi dan lain sebagainya (Wardhana, 2016). Dari lima fase hidup lalat BSF (*Hermetia illucens*), fase prepupa sering digunakan sebagai pakan ternak (Suciati dan Faruq, 2017).

Larva BSF berpotensi besar sebagai sumber protein ternak yang murah dan mudah dalam budidayanya serta membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan penumpukan sampah organik (Purnamasari *et al.*, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini direncanakan berlangsung selama 1 (satu) tahun. Penelitian akan dilakukan dalam waktu 10 (sepuluh) bulan terhitung mulai bulan Februari 2020 sampai Nopember 2020. Mulai dari penyusunan proposal, laporan kemajuan penelitian sampai dengan penyusunan laporan akhir penelitian. Tempat penelitian adalah Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Bessai Berinta yang berlokasi Bontang Kuala, Bontang Utara, Kalimantan Timur.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian adalah wadah/bak pembesaran larva, ayakan/saringan, dan timbangan (neraca) digital dan analitik, kain penutup bak, kain net insect, termometer dan pH meter media, thermo-hygrometer (pengukur suhu dan kelembapan udara), spatula, kamera digital, cawan petri, dan sekop. Bahan yang digunakan adalah 1. Larva BSF dan 2. Sampah organik padat perkotaan.

Prosedur Penelitian

Sampah di TPST Bessai Berinta berasal dari 6 (enam) kelurahan, yakni Kelurahan Api-api, Bontang Baru, Bontang Kuala, Tanjung Laut, Tanjung Laut Indah dan Gunung Elai.

Telur BSF yang diinkubasi dan diletakkan pada wadah plastik penetasan, dengan tutup berkain kasa yang di dalamnya diberikan media pakan, kemudian setelah tiga hari telur akan menetas menjadi larva. Selanjutnya, larva BSF yang berumur lima hari kemudian dipindahkan pada media pembesaran. Larva BSF pada wadah pembesaran diberi pakan sisa-sisa makanan yang

masuk ke TPST, sehingga pakan media pembesaran bersifat basah. Pemberian pakan sisa-sisa makanan dari TPST dilakukan setiap hari. Waktu pembesaran larva BSF selama satu siklus hidup. Panen maggot dilakukan pada umur larva sekitar 2-3 minggu atau 15-21 hari.

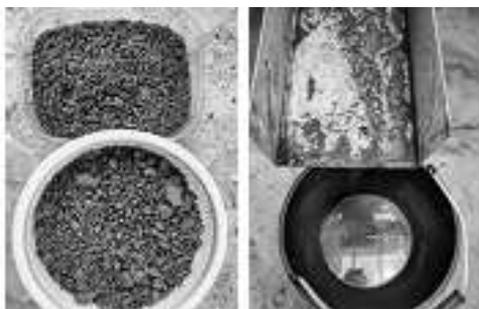
Perlakuan pertama yang digunakan yaitu media pertumbuhan berupa dedak. Larva BSF umur 5 hari ditimbang masing-masing 15gram kemudian dimasukkan ke dalam media pembesaran berupa sampah padat perkotaan; yaitu sisa makanan. sebanyak 15 kg kemudian dibesarkan selama 15 hari.

Setelah 15 hari larva BSF dipanen kemudian dikeringkan. Setelah pengeringan dilakukan pengujian proksimat larva BSF. Penetapan berat awal dilakukan sebelum pengeringan dan penetapan berat akhir dilakukan setelah pengeringan dengan menggunakan oven modifikasi suhu dan waktu. Setelah diberlakukan pengeringan dan pengukuran bobot, tidak diukur kadar air. Parameter yang diukur yaitu kandungan nutrien hasil pengeringan larva umur 15 hari (Purnamasari *et al.*, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pupuk Organik Padat (Kompos)

Produk akhir biokonversi sampah organik larva BSF adalah larva BSF (maggot), pupuk organik padat (kompos) dan pupuk organik cair (POC). Pupuk organik merupakan sampah organik perkotaan, sisa-sisa makanan, sayur-sayuran, buah-buahan, daun tanaman atau hewan yang telah mengalami dekomposisi secara fisika, kimia dan biologis (Nur *et al.*, 2016). Karenanya pupuk organik, berbentuk padat atau cair. Pupuk organik digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan cara memasok material organik dan anorganik, unsur hara makro dan mikro, serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.



Gambar 2. Hasil biokonversi sampah organik oleh larva BSF yaitu kompos dan POC

Adapun parameter yang akan dianalisis untuk kualitas pupuk organik (kompos) hasil biokonversi larva BSF (maggot) pada saat panen adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitas Kompos BSF

| No. | Parameter | Kandungan |
|-----|---|---------------------|
| 1. | Kadar air | 41,85 % |
| 2. | Temperatur | 29,8 °C |
| 3. | Warna | Merah kehitaman |
| 4. | Bau | Agak berbau amoniak |
| 5. | Ukuran partikel | 4,95-54,56 mm |
| 6. | pH | 7,88 |
| 7. | Karbon Oraganik, | 42,78 % |
| 8. | C | 1,52 % |
| 9. | Nitrogen, N | 28,15 |
| 10. | Ratio C/N | 0,26 % |
| 11. | Phosphor, P ₂ O ₅ | 0,71 % |
| | Kalium, K ₂ O | |

Warna coklat tua pada kompos terjadi karena stabilitas dan adanya oksigen. Dimana warna coklat tua dan bau tanah pada kompos menunjukkan kematangannya. Pengomposan sampah padat organik perkotaan menggunakan larva BSF, setelah 14 hari, pH terendah yang tercatat berkisar 7,04-7,51, dengan nilai rata-rata 7,3. Namun, pH tertinggi berkisar dari 7,02-7,72, dengan nilai rata-rata 7,4 (Sarpong *et al.*, 2019). Pada penelitian ini, setelah 2 minggu biokonversi sampah organik oleh larva BSF, diperoleh pupuk organik (kompos) berwarna merah kehitaman dan agak berbau amoniak. Sedangkan, pH pupuk organik (kompos) tercatat berkisar 6,87-7,98, dengan nilai rata-rata 7,88. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Ratio karbon terhadap nitrogen (rasio C:N) 15 atau atau lebih kecil, lebih baik untuk tujuan pemupukan. Kompos dengan rasio C:N lebih besar dari 30 kemungkinan akan mengganggu kandungan nitrogen jika diaplikasikan pada tanah. Namun jika rasio C:N lebih kecil dari 20, maka akan menyebabkan mineralisasi nitrogen organik menjadi anorganik yang sesuai untuk tanaman (Sarpong *et al.*, 2019). Oleh karena itu, hasil penelitian ini diperoleh rasio C:N adalah 28,15, masih lebih besar dari 20, sehingga disarankan agar proses biokonversi sampah organik oleh larva BSF (maggot) diperpanjang sampai dengan 1 siklus hidup BSF, sehingga dapat digunakan untuk keperluan pertanian.

Pupuk Organik Cair (POC)

Penelitian penggunaan sampah organik rumah tangga menjadi POC dengan biokatalisator EM4 dan Promi. Diperoleh kandungan C, N, P dan K POC yang dihasilkan dengan EM4 berturut-turut adalah 23%, 3,8%, 3% dan 4,2%. Sedangkan

kandungan C, N, P dan K POC yang dihasilkan dengan promi berturut-turut adalah 18%, 3,2%, 2,5% dan 3% (Marlinda, 2015).

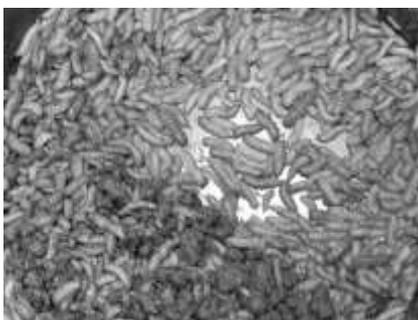
Tabel 2. Hasil Uji Pupuk Organik Cair (POC)

| No. | Parameter | Kandungan |
|-----|---|---------------|
| 1. | C-organik, % | 1,4 5 |
| 2 | pH | 7,15 |
| 3. | Kadar Logam Berat: | |
| | As | < 0,001 mg/L |
| | Hg | < 0,0003 mg/L |
| | Pb | < 0,003 mg/L |
| | Cd | < 0,002 mg/L |
| 4 | Kadar total: | |
| | - N | 0,02 % |
| | - Phosphor, P ₂ O ₅ | 0,02 % |
| | - Kalium, K ₂ O | 0,08 % |
| | - Ratio C/N | 69,88 |
| 5 | Unsur Hara mikro: | |
| | - Zn | 0,584 mg/L |
| | - Cu | < 0,002 mg/L |
| | - Mn | 0,412 mg/L |
| | - Co | 0,03 mg/L |
| | - B | <0,001 mg/L |
| | - Fe total | 4,193 mg/L |

Larva BSF (Maggot)

Larva BSF dapat hidup, tumbuh dan berkembang biak pada media organik, seperti kotoran sapi, kotoran babi, kotoran ayam, sampah buah dan limbah organik lainnya (Wardhana, 2016; Fauzi dan Sari, 2018). Larva BSF mampu mengurangi limbah hingga 58% dan menurunkan konsentrasi nitrogen di kandang (Sheppard *et al.*, 2002); juga mampu mengurai hingga 68% sampah padat perkotaan, 50% kotoran ayam, 39% kotoran babi dan 25% campuran kotoran ayam dan sapi (Myers *et al.*, 2008).

Produksi prapupa rata-rata 252 g/m²/hari (berat basah) dan pengurangan sampah organik berkisar antara 65,5-78,9% tergantung pada jumlah sampah harian yang ditambahkan dan ada atau tidak adanya sistem drainase (Diener *et al.*, 2011).



Gambar 3. Larva BSF (Maggot)

Pada penelitian ini, diperoleh bahwa larva BSF (maggot) dapat mereduksi sampah organik (sampah padat perkotaan) sebesar 47,75%, dari 130,754 kg sampah menjadi 68,321 kg sampah selama 36 hari. Dimana kemampuan larva BSF (maggot) dalam mengkonsumsi sampah organik perkotaan adalah 26,1508 g sampah/g maggot.

Tabel 3. Analisis kandungan larva BSF (maggot)

| No. | Parameter | Satuan | Kandungan |
|-----|---------------------------------------|--------|-----------|
| 1. | Protein kasar | % | 41,80 % |
| 2. | Lemak | % | 14,63 % |
| 3. | Fosfor, P ₂ O ₅ | % | 9,21% |
| 4. | Kalium, K ₂ O | % | 25,24% |
| 5. | Kadar abu | % | 9,12% |

Kandungan nutrient yang terkandung pada larva BSF juga dipengaruhi oleh media makanan yang diberikan. Kandungan protein larva BSF (maggot) yang diberi ampas tahu lebih tinggi dari pada yang diberi sisa-sisa makanan. Kandungan protein dan lemak larva BSF yang diberi ampas tahu adalah 48,61% dan 20,09%, sedangkan yang diberi sisa-sisa makanan adalah 42,80% dan 22,54%. Dengan kandungan protein pada larva BSF (maggot) berkisar antara 41,99-51,49% (Purnamasari *et al.*, 2019).

Kadar abu larva BSF (maggot) berkisar antara 7,69-10,36%. Kadar abu menunjukkan adanya kandungan bahan anorganik, garam, dan mineral (Winarno 1997). Sebagaimana terlihat pada table 3, pada penelitian ini, diperoleh kandungan protein, lemak kasar dan kadar abu pada maggot yang diberi sampah organik berturut-turut adalah 41,8%, 14,63% 9,12%.

KESIMPULAN

Produk akhir biokonversi sampah organik adalah larva BSF (maggot), kompos dan POC. Larva BSF (maggot) dapat mereduksi sampah organik (sampah padat perkotaan) sebesar 47,75%. Dimana kemampuan larva BSF (maggot) mengkonsumsi sampah organik perkotaan adalah 26.1508 g sampah/g maggot. Kandungan protein, lemak kasar dan kadar abu pada maggot yang diberi sampah organik berturut-turut adalah 41.8%, 14.63% 9.12%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga kami haturkan pada Departemen *Corporate Social Responsibility* (CSR), PT. Pupuk Kaltim (PKT), Bontang dan TPST Bessai Berinta, Bontang yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Barry, T., 2004. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). Ph.D Dissertation, University of Texas, August 2004, 176 pp.
- Diener, S., Studt Solano, N.M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., Tockner, K., 2011. Biological treatment of municipal organic waste using Black Soldier Fly larvae. Waste Biomass Valorization. 2:357-363. DOI 10.1007/s12649-011-9079-1.
- Fauzi, R.U.A., dan Sari, E.R.N. 2018. Analisis Usaha Budidaya Maggot sebagai Alternatif Pakan Lele. Business Analysis of Maggot Cultivation as a Catfish Feed Alternative. Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, Volume 7 Nomor 1: 39-46. ISSN 2252-7877 (Print) ISSN 2548-3582 (Online).
<https://doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.01.5>.
- Gangadhar, B., B.S. Anand Kumar, M.R. Raghunath and N. Sridhar. 2018. Pre-pupae (larvae) of black soldier fly a potential alternate protein source for aquaculture feeds. Aquaculture, Volume 22 No. 1, January-March 2018, p. 11-15.
- Marlinda. 2015. Pengaruh Penambahan Bioaktivator EM4 Dan Promi Dalam Pembuatan Pupuk Cair Organik Dari Sampah Organik Rumah Tangga. Konversi, e- ISSN: 2541-3481, Vol. 4 No. 2, Oktober 2015, 30 – 35, DOI: 10.20527/k.v4i2.263.
- Myers, H.M., Tomberlin, J.K., Lambert, B.D., Kattes, D. 2008. Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. Environmental Entomology Vol. 37, no. 1, p: 11-15.
- Nur, T., Ahmad Rizali Noor, dan Muthia Elma. 2016. Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Bioaktivator EM4 (Effective Microorganisms). Konversi, e- ISSN: 2541-3481, Vol. 5 No. 2, Oktober 2016, 44 – 51, DOI: 10.20527/k.v5i2.4766.
- Purnamasari, L., Sucipto, I., Muhlison, W., dan Pratiwi, N., 2019. Komposisi Nutrien Larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucent)* dengan Media Tumbuh, Suhu dan Waktu Pengeringan yang Berbeda. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/Pros.Semnas.TPV-2019-p.675-680>.
- Sarpong, D., S. Oduro-Kwarteng, S. F. Gyasi, R. Buamah, E. Donkor, E. Awuah, and M. K. Baah. D. Sarpong S., Oduro-Kwarteng, S. F. Gyasi, R. Buamah, E. Donkor, E. Awuah, and M. K. Baah. Biodegradation by composting of municipal organic solid waste into organic fertilizer using the black soldier fly (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) larvae. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture (2019) 8 (Suppl 1):S45–S54, <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0268-4>.
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C. and Sumner, S.M. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). Journal of Medical Entomology, 39:695-698.
- Suciati, R., dan Faruq, H. 2017. Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots *Hermetia illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik. Biosfer, J. Bio. & Pend.Bio. e-ISSN: 2549-0486, Vol. 2, No.1, Juni 2017, hal. 8-13.
- Wardhana, A.H., 2016. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. Wartazoa Vol. 26 No. 2 Th. 2016, hal. 069-078. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/wartazoa.v26i2.1218>.
- Yu, G., Cheng, P., Chen, Y., Li, Y., Yang, Z., Chen, Y., Tomberlin, J.K., 2011. Inoculating poultry manure with companion bacteria influences growth and development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae. Environmental Entomology, February 2011 40:30-35. DOI: 10.1603/EN10126.