

## STUDI LAJU UMPAN PADA PROSES BIOKONVERSI DENGAN VARIASI JENIS SAMPAH YANG DIKELOLA PT. BIOMAGG SINERGI INTERNASIONAL MENGGUNAKAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia Illucens*)

Mega Trishuta Pathiassana<sup>1\*</sup>, Syaury Nur Izzy<sup>2</sup>, Haryandi<sup>3</sup>, Samuyus Nealma<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Teknologi Sumbawa

\*Penulis Korespondensi, email: [mega.trishuta@uts.ac.id](mailto:mega.trishuta@uts.ac.id)

### Abstrak

**Diterima**  
Bulan Februari  
2020

**Diterbitkan**  
Bulan

**Kata kunci:** *Black Soldier Fly*,  
*Biokonversi*,  
*Sampah Organik*,  
*Laju Umpan*,  
*Pupuk Organik*.

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 teknologi untuk mengatasinya adalah dengan cara pengomposan menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Larva BSF (maggot) memiliki kemampuan dekomposisi yang lebih baik dibandingkan dengan organisme maupun mikroorganisme lainnya. PT. Biomagg Sinergi Internasional (BSI) sebagai lokasi penelitian merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pengelolaan sampah organik menggunakan metode biokonversi BSF. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju umpan dan jenis sampah terhadap kecepatan penguraian pada proses biokonversi menggunakan larva BSF di PT. BSI, serta untuk mengetahui hasil analisis mutu biokonversi sampah organik yang dikelola PT. BSI berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) No. 70/Permentan/SR.140/10/ 2011 tentang pupuk organik. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa jenis sampah dan jumlah umpan berpengaruh nyata terhadap nilai biomassa larva. Kemudian, jenis sampah dan jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat, serta jenis sampah dan jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai indeks reduksi limbah. Sedangkan, jenis sampah berpengaruh nyata terhadap nilai tingkat ketahanan hidup larva. Penelitian ini juga membandingkan mutu pupuk hasil biokonversi pada sampel penelitian maupun sampel PT. BSI memenuhi standar persyaratan teknis pupuk organik padat berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011.

### PENDAHULUAN

Jenis sampah di Indonesia yang terbesar adalah sampah organik. Sampah jenis ini di antaranya adalah sampah sisa makanan. Sampah ini merupakan sampah organik yang dibuang dari berbagai sumber sampah terbesar, yaitu pabrik pengolahan makanan, dapur rumah tangga, dapur komersial, kantin, dan restoran (Kiran, dkk, 2014). Jenis dan karakteristik sampah organik semakin beragam dan jumlahnya semakin meningkat, disebabkan oleh peningkatan laju pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017), jenis sampah organik di Indonesia memiliki jumlah sebesar 60%. Hal ini menunjukkan bahwa jenis sampah organik memiliki ketersediaan yang melimpah. Sayangnya, sebagian besarnya belum dimanfaatkan dengan baik.

Apabila tidak dikelola dengan baik, maka sampah organik tersebut dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan, seperti menjadi sumber penyakit, menimbulkan bau yang

menyengat, dapat menghasilkan gas metan penyebab pemanasan global, dan limbah cair (lindi) penyebab pencemaran air tanah (Monita, 2017). Salah satu teknologi dalam mengatasi jenis sampah tersebut, yaitu dengan cara pengomposan. Pengomposan digunakan, karena metode ini dilakukan secara terbuka, sehingga dapat mengurangi bau yang menyengat, mudah untuk dilakukan, dan murah dari segi ekonomi, serta tidak memerlukan proses kontrol yang sulit. Salah satunya, yaitu pemanfaatan larva *Black Soldier Fly* (BSF).

Pemanfaatan larva BSF sebagai agen pengurai materi organik telah diteliti dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya yang mengekstrak energi dan nutrisi dari sampah sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, serta kotoran sebagai bahan makanannya (Popa, 2012). Selain itu, larva BSF mudah untuk dikembangkan dengan sifatnya yang resisten terhadap musim. Meskipun, larva BSF lebih aktif pada kondisi yang hangat, sehingga cocok dengan iklim Indonesia. Larva BSF (maggot)

memiliki kemampuan dekomposisi yang lebih baik dibandingkan dengan organisme maupun mikroorganisme lainnya (Guerero, dkk, 2013). Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan sampah organik, terutama menggunakan metode biokonversi BSF, adalah PT. Biomagg Sinergi Internasional (BSI). PT. BSI adalah salah satu usaha rintisan atau *start-up* bisnis binaan Balai Inkubator Teknologi (BIT), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Biomagg merupakan perusahaan pengolahan sampah organik berbasis masyarakat yang berada di Kota Depok, Jawa Barat. PT. BSI mulai berdiri pada tahun 2015 dalam skala riset untuk memproduksi maggot dengan teknologi biokonversi sampah organik.

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh informasi pengaruh laju umpan dan jenis sampah terhadap kecepatan penguraian larva BSF dan analisis kandungan hasil biokonversi di PT. BSI berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik.

## LANDASAN TEORI

### Sampah

Menurut Suriawiria dalam Monita (2017), sampah mengandung senyawa kimia, terdiri dari air, organik, dan anorganik yang persentasenya tergantung pada sifat dan jenisnya. Menurut Apriadji dalam Mentari (2018), sampah adalah zat-zat atau benda-benda yang sudah tidak terpakai lagi, baik berupa bahan buangan yang berasal dari rumah tangga maupun dari pabrik sebagai sisa proses industri. Undang-undang No.18 tahun 2008 mendefinisikan sampah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (Monita, 2017). Menurut Suriawiria dalam Monita (2017), sampah digolongkan berdasarkan sumber, jenis, dan sifatnya. Berdasarkan sumbernya, sampah digolongkan dalam dua kelompok, yaitu sampah domestik dan non-domestik. Sampah domestik adalah sampah sehari-hari yang dihasilkan bersumber dari aktivitas manusia secara langsung, baik dari rumah tangga, pasar, sekolah, permukiman, dan rumah sakit. Sedangkan, sampah non-domestik merupakan sampah sehari-hari yang dihasilkan dari aktivitas manusia secara tidak langsung, baik dari industri, pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan, dan transportasi. Berdasarkan jenisnya, sampah dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu sampah organik dan anorganik. Sampah organik adalah jenis sampah yang sebagian besar tersusun oleh senyawa organik. Sedangkan, sampah anorganik merupakan jenis sampah yang tersusun oleh senyawa anorganik. Berdasarkan jenisnya, sampah memiliki dua sifat yang berbeda, yaitu sampah bersifat *degradable* atau sifat sampah secara

alami dapat diuraikan oleh mikroorganisme dan sampah bersifat *non-degradable* atau sifat sampah secara alami tidak dapat diuraikan oleh jasad hidup.

### Pengomposan Sampah Organik

Pengomposan adalah proses dekomposisi bahan biologis padatan organik dalam kondisi aerobik melalui aktivitas mikroba yang berbeda dan menghasilkan produk yang stabil, serta sesuai untuk dapat ditambahkan ke tanah (Insam, dkk, 2007). Definisi pengomposan dalam pengelolaan sampah adalah proses dekomposisi secara biologis dari materi organik (*biodegradable*) dengan kontrol kondisi yang stabil, bebas dari gangguan, dan aman untuk diaplikasikan (O'leary, dkk, 2002). Dekomposisi biologis yang terjadi pada saat pengomposan secara umum dibantu oleh bakteri, *actinomycetes*, jamur, protozoa, cacing, dan beberapa jenis larva. Tetapi, komunitas mikroba ini sangat dipengaruhi oleh fase mesofilik dan fase termofilik selama proses pengomposan dan juga dipengaruhi oleh sifat fisik dari bahan awal limbah (Varma, dkk, 2017).

### *Black Soldier Fly* (BSF)

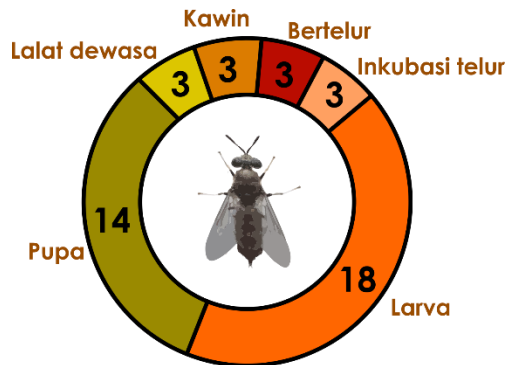
*Black Soldier Fly* (BSF) atau dalam bahasa latin *Hermetia illucens* merupakan spesies lalat dari ordo Diptera dan famili Stratiomyidae dengan genus *Hermetia* (Hem, 2011). BSF adalah spesies lalat tropis yang mempunyai kemampuan mengurai materi organik dengan sangat baik (Holmes, dkk, 2012).



Gambar 1. Morfologi Larva, Pupa, dan Lalat Dewasa BSF (Sumber: Wardhana, 2016)

BSF mampu mengekstrak energi dan nutrisi dari sisa sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, dan sisa kotoran lainnya, seperti tinja dan air limbah domestik sebagai makanannya. Larva atau maggot dari BSF dapat mendaur ulang sampah jenis padat maupun cair, serta cocok untuk dikembangkan secara monokultur karena mudah disebarkan, aman, dan mudah dikembangkan di semua kondisi. Selain itu, tidak mudah terpengaruh oleh mikroorganisme dan tidak mudah terjangkit parasit. BSF juga mampu bertahan dalam kondisi ekstrem dan mampu bekerjasama dengan mikroorganisme untuk mendegradasi sampah organik. BSF bukan hama (Popa, 2012), tetapi merupakan jenis lalat yang memiliki risiko penyebaran penyakit yang lebih rendah dibanding jenis lalat lainnya (Bullock, dkk, 2013). Siklus hidup

BSF merupakan sebuah siklus metamorfosis sempurna dengan 4 (empat) fase, yaitu telur, larva, pupa, dan imago. Siklus metamorfosis BSF berlangsung dalam rentang kurang lebih 40 hari, tergantung pada kondisi lingkungan dan asupan makanan (Sipayung, 2015).



Gambar 2. Siklus Hidup BSF dalam Hari (Sumber: Modifikasi Tomberlin, dkk, 2002)

### Biokonversi Sampah Organik oleh BSF

Konversi materi organik oleh larva BSF (maggot) merupakan teknologi daur ulang yang sangat menarik dan memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi (Diener, 2010). BSF dianggap menguntungkan, karena maggot memanfaatkan sampah organik, baik dari hewan, tumbuhan, maupun kotoran manusia sebagai makanannya, serta meningkatkan nilai daur ulang dari sampah organik. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa maggot dapat mendegradasi sampah organik dari hewan maupun tumbuhan lebih baik dibandingkan serangga lainnya yang pernah diteliti (Kim, dkk, 2010). Maggot mampu mengonversi sejumlah besar limbah organik menjadi biomassa kaya protein untuk mengganti tepung ikan (Diener, dkk, 2009).

Maggot telah dipropagasikan sebagai agen konverter limbah organik, karena larva ini makan lahap berbagai bahan organik yang membusuk, serta menghasilkan prepupa yang mengandung protein kasar 40% dan 30% lemak sebagai pakan ikan dan hewan ternak lainnya. Oleh karena itu, konversi sampah organik oleh maggot merupakan sebuah teknologi daur ulang menarik yang memiliki berbagai nilai guna, terutama untuk negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Selain pengurangan limbah dan stabilisasi, produk dalam bentuk prepupa menawarkan pakan hewan ternak bernilai tambah dan membuka peluang ekonomi baru bagi pengusaha kecil di negara berkembang (Nguyen, dkk, 2015).

Hasil akhir proses biokonversi, yaitu perubahan komposisi bahan organik sampah akibat penguasaan oleh larva BSF menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Hasil biokonversi dari larva BSF menghasilkan bahan stabil, seperti kompos. Kompos adalah bentuk akhir dari bahan-bahan organik sampah setelah mengalami

dekomposisi atau konversi. Parameter yang menjadi acuan untuk kualitas hasil biokonversi bahan organik berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik (Tabel 1). Acuan ini digunakan karena PT. BSI menggunakan standar ini sebagai acuan.

Tabel 1. Tabel Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat

No.	Parameter	Satuan	Standar
1	Karbon (C) – organik	%	>15
2	Rasio C/N	%	15-25
3	Nitrogen (N)	%	
4	Fosfor ( $P_2O_5$ )	%	
5	Kalium ( $K_2O$ )	%	
6	$N+ P_2O_5+ K_2O$	%	>4
7	Seng (Zn)	Ppm	<5000
8	Besi (Fe)	Ppm	<500
9	Mangan (Mn)	Ppm	<5000

Sumber: (Permentan No. 70 / Permentan/SR. 140 / 10 / 2011)

### PT. Biomagg Sinergi Internasional

PT. Biomagg Sinergi Internasional (BSI) mulai berdiri pada tahun 2015 dalam skala riset untuk memproduksi larva BSF (maggot) dengan kemampuan biokonversi sampah organik. PT. BSI merupakan perusahaan pengelolaan sampah organik berbasis masyarakat yang terletak di Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias, Depok, Jawa Barat. PT. BSI berkembang sebagai perusahaan rintisan yang menerapkan teknologi biokonversi dengan menguraikan sampah organik menggunakan BSF dan mengubahnya menjadi pakan sumber protein. Penerapan ini adalah upaya untuk mendegradasi sampah atau limbah organik dalam waktu yang singkat, minim bau, serta meningkatkan nilai ekonomi dari limbah organik dengan cara yang tepat, murah, dan berkelanjutan. Beberapa produk dari PT. BSI, yaitu maggot segar, maggot kering atau oven, pupuk organik, ayam kampung organik, dan pellet maggot.

### METODE PENELITIAN

#### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 4 November 2019 hingga 30 Desember 2019 di PT. Biomagg Sinergi Internasional, Depok, Jawa Barat. Sedangkan, analisa kandungan pupuk dilaksanakan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat.

#### Alat Penelitian

Alat penelitian berupa peralatan pemeliharaan larva BSF, yaitu *tray* industri, wadah plastik 12 cm x 5 cm x 12 cm, kain kasa, ember

sebagai wadah sampah organik, timbangan analitik, pH meter, kompor dan panci, serta pengayak sebagai alat bantu.

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva BSF yang diperoleh dari fasilitas PT. BSI, sampah organik berupa sampah catering, sampah campuran wortel dan lobak, serta EM4 sebagai fermentor.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun dengan menggunakan 2 faktor, yaitu jenis sampah dan laju umpan yang terdiri dari 12 perlakuan. Laju umpan dihitung dengan cara memberikan umpan dengan jumlah tertentu (mg) pada larva selama waktu tertentu (hari), kemudian selisih jumlah umpan awal dan sisa dianggap sebagai nilai laju umpan (Hakim, dkk, 2017). Variasi sampah penelitian ini, yaitu sampah catering tanpa perlakuan, campuran wortel dan lobak, catering dengan perlakuan fermentasi, dan catering dengan perlakuan rebus. Sedangkan, untuk variasi jumlah sampah, yaitu jumlah sampah 100; 150; dan 200 mg/larva/hari. Penelitian ini dilakukan selama 15 hari pengamatan (Darmawan, dkk, 2017).

Tabel 2. Simbol dan Keterangan Perlakuan pada Penelitian

No.	Simbol	Keterangan Perlakuan
1	A1	Sampah catering dan jumlah sampah 100 mg/larva/hari.
2	A2	Sampah catering dan jumlah sampah 150 mg/larva/hari.
3	A3	Sampah catering dan jumlah sampah 200 mg/larva/hari.
4	B1	Sampah wortel dan lobak serta jumlah sampah 100 mg/larva/hari.
5	B2	Sampah wortel dan lobak serta jumlah sampah 150 mg/larva/hari.
6	B3	Sampah wortel dan lobak serta jumlah sampah 200 mg/larva/hari.
7	C1	Sampah fermentasi dan jumlah sampah 100 mg/larva/hari.
8	C2	Sampah fermentasi dan jumlah sampah 150 mg/larva/hari.
9	C3	Sampah fermentasi dan jumlah sampah 200 mg/larva/hari.
10	D1	Sampah rebus dan jumlah sampah 100 mg/larva/hari.
11	D2	Sampah rebus dan jumlah sampah 150 mg/larva/hari.
12	D3	Sampah rebus dan jumlah sampah 200 mg/larva/hari.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan persiapan sampah dan tempat atau bioreaktor penetasan dan pembersihan larva BSF. Sampah yang digunakan adalah sampah yang didapatkan dari PT. BSI,

berupa sampah sisa catering dan sampah campuran wortel dengan lobak. Sampah dicacah terlebih dahulu. Sedangkan, sampah catering dengan perlakuan fermentasi difermentasi menggunakan EM4 dan dibiarkan selama 1 hari. Sampah catering dengan perlakuan rebus, sampah direbus hingga suhu mencapai 100°C dan memiliki tekstur lebih lunak. Kemudian, untuk penetasan larva BSF, telur BSF didapatkan dari PT. BSI menggunakan *tray* industri yang diisi dengan sampah catering yang sudah dicacah, penetasan berlangsung selama kurang lebih 6 hari. Selanjutnya, larva BSF yang sudah menetas dipindahkan untuk dilakukan pembesaran ke wadah plastik sebagai bioreaktor sesuai dengan perlakuan. Larva yang digunakan berjumlah 200 larva. Pembesaran larva dilakukan selama 15 hari, hari pemindahan dihitung sebagai hari ke-0. Kemudian, pemberian sampah dilakukan dengan cara bertahap setiap 3 hari sekali selama 15 hari dan dilakukan pengamatan terhadap parameter konsumsi substrat, indeks reduksi limbah, tingkat ketahanan hidup larva, biomassa larva, dan kandungan pupuk.

Konsumsi substrat atau *substrate consumption* (SC) menunjukkan banyaknya jumlah substrata pakan yang dikonsumsi oleh larva BSF selama masa penelitian. Konsumsi substrat akan dihitung pada awal dan akhir masa pengamatan dengan rumus berikut (Hakim, dkk, 2017):

$$SC = \frac{\text{Massa Pakan Awal} - \text{Massa Pakan Akhir}}{\text{Massa Pakan Awal}} \times 100 \%$$

Indeks reduksi limbah atau *waste reduction index* (WRI) menunjukkan proyeksi tingkat pengurangan limbah dalam periode tertentu. Dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan Diener dan kawan-kawan (2009), yaitu:

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100 \%$$

$$D = \frac{W - R}{W}$$

Di mana:

WRI = Indeks reduksi sampah.

D = Tingkat degradasi sampah.

t = Waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah.

W = Jumlah sampah sebelum terdegradasi.

R = Jumlah residu.

Tingkat ketahanan hidup larva atau *survival rate* (SR) merupakan jumlah larva yang hidup dibandingkan dengan jumlah awal larva, dihitung dalam satuan persen (Myers, dkk, 2008).

$$SR = \frac{\text{Jumlah larva hidup akhir}}{\text{Jumlah larva hidup awal}} \times 100 \%$$

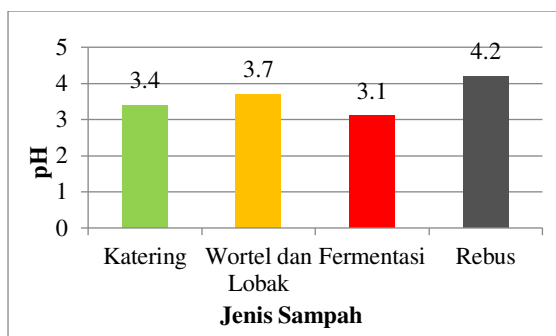
Biomassa larva menunjukkan laju pertumbuhan massa larva BSF (mg) selama penelitian. Laju pertumbuhan larva akan dihitung setiap 3 hari sekali selama 15 hari. Larva yang ditimbang berjumlah 5 larva sebagai representatif.

Kandungan pupuk hasil biokonversi, dilakukan dengan pembuatan pupuk menggunakan tray industri sebagai bioreaktor dan diisi dengan masing-masing jenis sampah dengan jumlah yang sama selama 15 hari dan dipanen menggunakan pengayak. Pupuk hasil biokonversi maggot akan dianalisa di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor untuk diuji kandungannya. Kemudian, dibandingkan berdasarkan Permentan (Tabel 1) untuk diketahui kualitas pupuk yang dihasilkan.

Analisis data dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian, kemudian ditabulasi menggunakan aplikasi Microsoft Excel 2016 dan dianalisa menggunakan aplikasi SPSS 16 dengan metode analisis Regresi Linear Berganda pada tingkat keyakinan 10%.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengukuran pH Awal Jenis Sampah**



Gambar 3. Grafik pH Awal Masing-masing Jenis Sampah

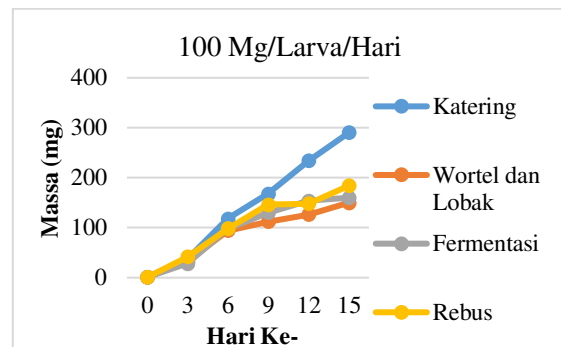
Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai pH yang terdapat pada jenis sampah tersebut berkisar antara 3,1-4,2. Jenis sampah yang memiliki nilai pH tertinggi, yaitu jenis sampah rebus dengan nilai 4,2. Sedangkan, jenis sampah yang memiliki nilai pH terendah, yaitu jenis sampah fermentasi dengan nilai 3,1. Jenis sampah katering dengan perlakuan fermentasi memiliki nilai pH terendah. Hal ini dikarenakan adanya proses fermentasi. Karlina dalam Tifani (2010) menyatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka akan menyebabkan kadar keasaman semakin tinggi, sehingga pH akan semakin menurun. Sedangkan, jenis sampah katering dengan perlakuan rebus memiliki pH yang paling tinggi. Berdasarkan penelitian Winarso (2003) yang meneliti tentang perebusan daging ayam kampung, peningkatan pH

daging terjadi karena waktu dan temperatur yang menyebabkan daging kehilangan cairan selama perebusan. Hal ini berkaitan dengan kerusakan struktur protein yang dapat menyebabkan sejumlah grup asidik bebas hilang, sehingga pH meningkat dan kurang mampu mengikat air.

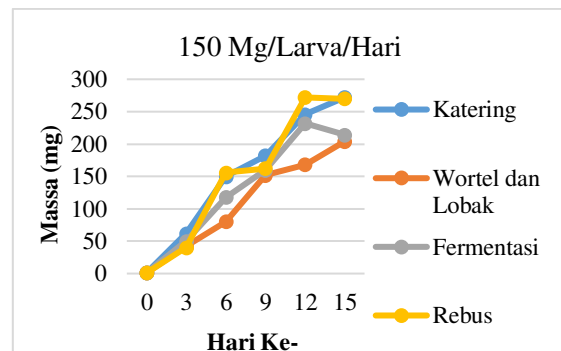
Menurut Tchobanoglous dalam Mentari (2018), kondisi pH seperti pada grafik masih memungkinkan untuk tumbuhnya bakteri dan jamur, sehingga proses degradasi oleh mikroorganisme juga dapat berlangsung. Sedangkan, jamur yang terdapat di sampah tumbuh optimum pada pH 5,6, tetapi tetap dapat bertahan pada pH 2,0-9,0. Larva BSF memiliki rentang toleransi pH yang cukup besar, sehingga larva BSF dapat hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrem (Suciati, 2017). Larva BSF mampu menoleransi sejumlah inhibitor biologi dalam lindi *microaerobic fermentation* (MF), termasuk etanol, asetat, suhu, dan pH ekstrem. Larva BSF toleran terhadap tingkat pH 0,7-13,7 dan mampu mengubah pH awal dari 2,7-12,7 menjadi antara 7,8-8,9, sehingga cocok digunakan dalam bioteknologi pengolahan lindi (Alattar, 2012).

**Biomassa Larva**

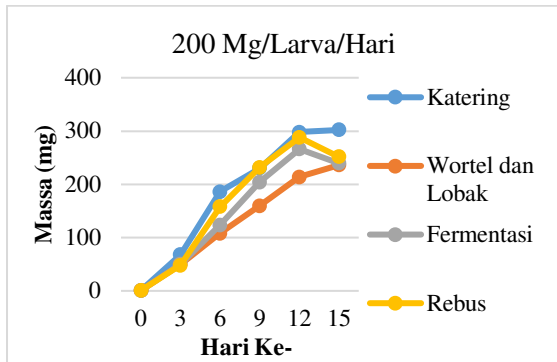
Pengukuran pertumbuhan biomassa (mg) larva dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari. Berdasarkan penemuan Darmawan (2017), massa larva mengalami penurunan dan beberapa larva sudah menjadi prepupa dan pupa pada hari ke-15, maka penelitian ini dilakukan selama 15 hari.



Gambar 4. Grafik Pertumbuhan pada Jumlah Sampah 100 Mg/Larva/Hari



Gambar 5. Grafik Pertumbuhan pada Jumlah Sampah 150 Mg/Larva/Hari



Gambar 6. Grafik Pertumbuhan pada Jumlah Sampah 200 Mg/Larva/Hari

Gambar 4 menunjukkan, nilai massa larva terhadap jumlah sampah 100 mg/larva/hari dengan berbagai macam jenis sampah. Massa larva tertinggi dimiliki oleh jenis sampah katering dengan massa 290 mg pada hari ke-15. Sedangkan, massa larva terendah dimiliki oleh jenis sampah wortel dan lobak dengan massa 150 mg pada hari ke-15. Gambar 5 menunjukkan massa larva terhadap jumlah sampah 150 mg/larva/hari dengan berbagai macam jenis sampah. Pada jumlah sampah sebanyak 150 mg/larva/hari, jenis sampah katering memiliki massa larva tertinggi dengan massa 272 mg pada hari ke 15. Sedangkan, jenis sampah wortel dan lobak memiliki massa larva terendah dengan massa 204 mg pada hari ke 15. Kemudian, gambar 6 menunjukkan nilai massa larva terhadap jumlah sampah 200 mg/larva/hari dengan berbagai macam jenis sampah. Jenis sampah yang memiliki nilai massa larva tertinggi adalah sampah katering dengan massa 302 mg pada hari ke-15. Sedangkan, jenis sampah yang memiliki nilai massa larva terendah adalah sampah wortel dan lobak dengan massa 236 mg pada hari ke-15.

Hasil analisis statistik nilai biomassa larva memperlihatkan bahwa jenis sampah dan jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai massa larva (Sig. < 0,1). Kemudian, jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai massa larva (Sig. < 0,1) dan jenis sampah juga berpengaruh nyata terhadap nilai massa larva (Sig. < 0,1). Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya menyatakan bahwa jenis sampah berpengaruh terhadap nilai biomassa, seperti pada penelitian Mangunwardoyo, dkk. dalam Muhayyat (2016) bahwa umumnya substrat yang berkualitas berdasarkan kelengkapan nutrisi yang berupa unsur makro akan menghasilkan larva BSF yang lebih banyak karena dapat menyediakan zat gizi yang cukup untuk pertumbuhan dan perkembangan larva BSF.

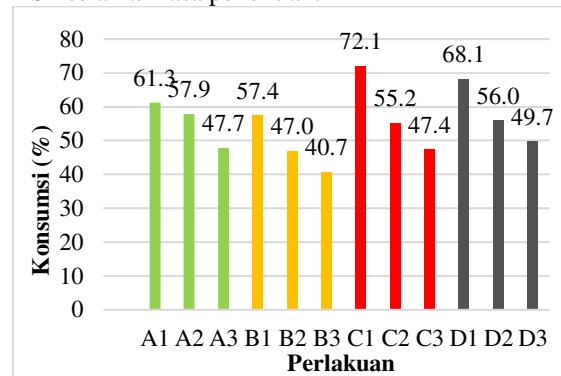
Berdasarkan pembahasan tersebut dapat diketahui bahwa pertumbuhan massa larva BSF tertinggi, yaitu pada percobaan sampah katering dan 200 mg/larva/hari dengan jumlah 302 mg/larva pada hari ke-15. Sedangkan, pertumbuhan massa larva

BSF terendah, yaitu pada percobaan sampah wortel dan lobak dengan 100 mg/larva/hari yang berjumlah 150 mg pada hari ke-15. Jenis sampah katering dengan jumlah sampah 200 mg/larva/hari memiliki nilai massa larva tertinggi. Hal ini dikarenakan jumlah sampah yang diberikan lebih banyak, maka massa larva pun akan ikut meningkat, begitupun sebaliknya (Darmawan, dkk, 2017). Menurut Supriyatna (2017), massa larva meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah pemberian substrat.

Kemudian, jenis sampah katering tanpa perlakuan memiliki nilai massa larva yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis sampah lainnya. Hal ini dikarenakan jenis sampah katering memiliki nilai kadar air lebih rendah daripada sampah wortel dan lobak yang memiliki kadar air 90% (Mentari, 2018). Kemudian, Tran, dkk. dalam Muhayyat (2016) mengungkapkan bahwa larva BSF hanya dapat tumbuh pada media dengan kadar air yang rendah, sehingga kadar air yang tinggi hanya akan menghambat pertumbuhan larva BSF.

**Konsumsi Substrat**

Konsumsi substrat (*substrate consumption*) atau SC menunjukkan banyaknya jumlah substrata pakan yang dikonsumsi oleh larva BSF selama masa penelitian.



Gambar 7. Grafik Konsumsi Substrat Larva BSF

Berdasarkan gambar 7, nilai SC yang dihasilkan dari sampah katering tanpa perlakuan, wortel dan lobak, katering dengan difermentasi, dan katering yang direbus sebanyak 100, 150, 200 mg/larva/hari memiliki nilai antara 40,72%-72,05%. Nilai SC tertinggi didapat pada sampah fermentasi 100 mg/larva/hari (C1) sebesar 72,05% dan nilai terendah adalah pada sampah wortel dan lobak 200 mg/larva/hari (B3) sebesar 40,72%. Berdasarkan hasil analisis statistik, jenis sampah dan jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat (Sig. < 0,1). Kemudian, jenis sampah berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat (Sig. < 0,1) dan jumlah sampah juga berpengaruh nyata terhadap nilai konsumsi substrat (Sig. < 0,1).

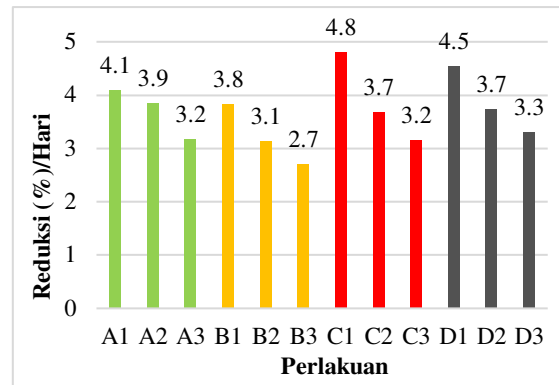
Jenis sampah katering dengan perlakuan fermentasi bisa dikonsumsi oleh larva lebih baik dibandingkan jenis sampah lain. Hal ini dikarenakan larutan EM4 yang digunakan untuk fermentasi

mengandung mikroorganisme fermentor yang terdiri dari 80 genus dan mikroorganisme tersebut dapat bekerja secara efektif dalam fermentasi bahan organik (Suswatanti, 2017). Adanya proses fermentasi ini, Unus dalam Suswatanti (2017) menyatakan bahwa mikroorganisme berperan aktif dalam penguraian bahan organik kompleks menjadi lebih sederhana. Maka dari itu, proses reduksi yang terjadi pada limbah jenis sampah fermentasi tidak hanya dilakukan oleh larva BSF, tetapi juga dengan adanya mikroorganisme fermentor yang berasal dari larutan EM4. Sedangkan, nilai SC yang paling rendah adalah pada jenis sampah campuran wortel dan lobak. Salah satu faktor penyebab perbedaan nilai SC adalah kadar air pada jenis substrat yang diberikan. Hasil penelitian Mentari (2018), kandungan air yang dimiliki oleh jenis sampah wortel adalah 90%. Semakin banyak jumlah substrat yang diberikan, maka semakin banyak kandungan air substrat. Kadar air yang tinggi merupakan penyebab sulitnya larva mereduksi pakan (Hakim, dkk, 2017). Tran, dkk., dalam Muhayyat (2016) juga menyatakan bahwa kadar air media pembudidayaan larva harus rendah dikarenakan larva tidak dapat tumbuh pada media dengan kadar air yang tinggi.

Jumlah pakan (substrat) yang sedikit menyebabkan efisiensi larva dalam memakan sampah atau limbah tinggi. Semakin banyak jumlah pakan, maka efisiensi konsumsi pakan semakin rendah. Sampah yang jumlahnya sedikit sangat disukai larva BSF karena tidak memerlukan waktu yang lama untuk menghabiskannya. Selain itu, efisiensi konsumsi substrat besar dapat mengurangi terjadinya pembusukan sampah yang dapat mengakibatkan tingginya kadar air bagi sampah yang diberikan (Darmawan, dkk, 2017). Terlihat pada grafik (Gambar 7), konsumsi substrat yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya jumlah substrat yang diberikan pada larva dari berbagai jenis sampah. Berdasarkan data pada grafik tersebut, semakin tinggi nilai konsumsi substrat, maka larva mampu mengonsumsi lebih banyak substrat yang diberikan. Maka dari itu, semakin tinggi nilai konsumsi substrat, maka potensi pemanfaatan larva untuk mengurai sampah atau limbah semakin besar (Hakim, dkk, 2017).

### Indeks Reduksi Limbah

Nilai indeks reduksi limbah (*waste reduction index*) atau WRI digunakan untuk menghitung kemampuan larva BSF dalam mengonsumsi substrat dengan mempertimbangkan waktu atau periode pemberian umpan. Nilai WRI yang tinggi memberi makna kemampuan larva dalam mereduksi umpan yang tinggi pula (Hakim, dkk, 2017).



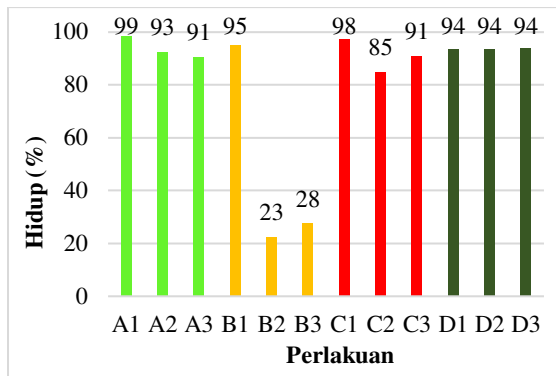
Gambar 8. Grafik Indeks Reduksi Limbah Larva BSF

Berdasarkan gambar 8, nilai WRI tertinggi terdapat pada sampah fermentasi 100 mg/larva/hari (C1) sebesar 4,80%. Sedangkan, nilai terendah terdapat pada sampah wortel dan lobak 200 mg/larva/hari (B3). Berdasarkan hasil analisis statistik, jenis sampah dan jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai WRI (Sig. < 0,1). Kemudian, jenis sampah berpengaruh nyata terhadap nilai WRI (Sig. < 0,1) dan jumlah sampah juga berpengaruh nyata terhadap nilai WRI (Sig. < 0,1). Nilai WRI ini berbanding lurus dengan nilai konsumsi substrat. Sehingga, jika nilai konsumsi substrat tinggi, maka nilai WRI juga tinggi.

Jenis sampah wortel dan lobak dengan jumlah sampah 200 mg/larva/hari memiliki nilai WRI terendah. Hal ini dikarenakan jenis sampah wortel dan lobak memiliki kadar air yang tinggi. Selain itu, jumlah sampah yang banyak akan menyebabkan larva sulit mereduksinya. Diketahui pula bahwa jumlah pakan yang diberikan pada perlakuan C1 dapat dikonsumsi oleh larva BSF secara optimal dibandingkan perlakuan lain.

Pada perlakuan jumlah sampah yang diberikan lebih tinggi, maka nilai WRI cenderung rendah. Hal ini disebabkan karena larva sudah tidak mampu lagi mengonsumsi pakan atau substrat yang diberikan karena substrat terlalu banyak, sehingga nilai persentase substrat yang dikonsumsi terhadap total substrat menjadi lebih rendah (Hakim, dkk, 2017). Nilai WRI mengindikasikan efisiensi larva dalam mereduksi substrat yang diberikan, serta menunjukkan efektivitas waktu yang diperlukan untuk mereduksi substrat tersebut (Supriyatna, 2017). Semakin besar WRI, maka semakin baik efisiensi reduksi substrat yang dihasilkan (Diener, dkk, 2009).

**Tingkat Ketahanan Hidup Larva**



Gambar 9. Grafik Tingkat Ketahanan Hidup Larva BSF

Grafik di atas (Gambar 9) menunjukkan tingkat ketahanan hidup (*survival rate*) larva BSF pada penelitian ini. Pada penelitian ini larva BSF memiliki tingkat ketahanan hidup sebesar 22,5%-98,5%. Nilai tingkat ketahanan hidup atau *survival rates* (SR) tertinggi ada pada perlakuan sampah catering tanpa perlakuan dengan jumlah sampah 100 mg/larva/hari (A1) sebesar 98,5% atau 197 ekor larva hidup dan nilai SR terendah ada pada perlakuan sampah wortel dan lobak dengan jumlah sampah 150 mg/larva/hari (B2) sebesar 22,5% atau 45 ekor larva. Berdasarkan analisis statistik, jenis dan jumlah sampah berpengaruh nyata terhadap nilai SR larva (Sig. < 0,1). Begitupula dengan jenis sampah berpengaruh nyata terhadap nilai SR larva (Sig. < 0,1). Sedangkan, jumlah sampah tidak berpengaruh nyata terhadap nilai SR larva (Sig. > 0,1).

Jenis sampah wortel dan lobak memiliki nilai SR terendah dibandingkan dengan jenis sampah lainnya. Hal ini dikarenakan kandungan air yang terdapat pada wortel dan lobak lebih tinggi daripada jenis sampah lainnya. Kadar air yang tinggi ini menghasilkan limbah cair yang menyebabkan bioreaktor percobaan tergenang dengan air dan menyebabkan kematian pada larva. Berdasarkan penelitian Mentari (2018), kadar air yang terdapat pada jenis sampah wortel adalah sebanyak 90%. Fatchurochim, dkk. dalam Hakim (2017) melakukan penelitian terhadap pengaruh kadar air dalam pakan BSF. Pakan yang digunakan adalah kotoran ternak. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa larva BSF masih mampu hidup pada pakan yang mengandung kadar air sebesar 20-90% dengan nilai SR rendah. Sedangkan, SR larva tertinggi tercapai pada pakan dengan kadar air 40-60%.

**Analisis berdasarkan Permentan**

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Kandungan Pupuk Organik

No.	Parameter	Satuan	Standar	Hasil Penelitian	Hasil Uji PT. BSI
1	Karbon (C)-organik	%	>15	49,96	42,48
2	Rasio C/N	%	15-25	24,46	20,84
3	Nitrogen (N)	%		2,04	2,04
4	Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%		0,39	5,34
5	Kalium (K <sub>2</sub> O)	%		3,13	3,47
6	N+ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	%	>4	5,20	10,85
7	Seng (Zn)	Ppm	<5000	30,74	89,89
8	Besi (Fe)	Ppm	<500	169,24	405,35
9	Mangan (Mn)	Ppm	<5000	27,81	124,39

Berdasarkan tabel 3, dapat dilihat bahwa mutu hasil biokonversi pada kedua sampel, baik sampel penelitian maupun PT. BSI, sudah memenuhi standar persyaratan teknis minimal pupuk organik padat berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011. Nilai karbon (C) dan rasio organik karbon dengan nitrogen (rasio C/N) pada sampel penelitian lebih tinggi dibandingkan dengan pada sampel PT. BSI. Hal ini dikarenakan residu hasil biokonversi larva BSF belum melalui proses pengomposan yang sempurna sebelum dilakukan analisis uji kandungan. Berdasarkan prosedur perusahaan, sebelum residu hasil konversi digunakan harus melalui tahap didiamkan selama beberapa hari karena residu biokonversi belum stabil.

Menurut Widarti, dkk. (2015), pada proses pengomposan nilai rasio C/N mengalami penurunan disebabkan oleh terjadinya penurunan jumlah karbon yang dipakai sebagai sumber energi mikroba untuk mendekomposisi material organik. Pada proses pengomposan, berlangsung perubahan-perubahan bahan organik menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) + air (H<sub>2</sub>O) + nutrien + humus + energi. Selama proses pengomposan, CO<sub>2</sub> menguap dan menyebabkan penurunan kadar karbon dan peningkatan nitrogen, sehingga rasio C/N kompos menurun.

Menurut Djuarnani dalam Purnomo, dkk. (2017), bahwa salah satu aspek penting dalam keseimbangan unsur hara total adalah rasio C/N. Rasio C/N bahan organik adalah perbandingan antara banyaknya kandungan unsur karbon (C)



terhadap banyaknya kandungan unsur nitrogen (N) yang ada pada suatu bahan organik. Mikroorganisme membutuhkan C dan N untuk aktivitas hidupnya. Jika rasio C/N tinggi, aktivitas biologi mikroorganismepun akan berkurang. Diperlukan beberapa siklus mikroorganisme untuk mendegradasi kompos, sehingga diperlukan waktu yang lama dan dihasilkan mutu yang lebih rendah. Kemudian, jika rasio C/N terlalu rendah, kelebihan N yang tidak dipakai oleh mikroorganisme tidak dapat diasimilasi dan akan hilang melalui volatilisasi sebagai amoniak atau terdenitrifikasi.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Interaksi jenis sampah dan jumlah sampah berpengaruh terhadap nilai biomassa, konsumsi substrat (SC), indeks reduksi limbah (WRI) dan tingkat ketahanan hidup larva (SR).
2. Jenis sampah berpengaruh terhadap nilai biomassa, SC, WRI dan SR. Sedangkan, jumlah sampah juga berpengaruh terhadap nilai biomassa, SC, WRI, tetapi tidak berpengaruh terhadap SR.
3. Rentang nilai biomassa yang didapatkan, yaitu antara 150-302 mg dengan nilai tertinggi pada perlakuan sampah catering tanpa perlakuan dengan jumlah sampah 200 mg/larva/hari atau A3. Kemudian, nilai SC yang didapatkan adalah antara 40,72-72,05% dengan nilai tertinggi pada perlakuan sampah campuran wortel dan lobak dengan jumlah sampah 100 mg/larva/hari atau C1. Begitu juga dengan WRI, nilai yang didapatkan adalah antara 2,71-4,80% dengan nilai tertinggi pada perlakuan C1. Sedangkan, nilai SR yang didapatkan adalah 22,5-98,5% dengan nilai tertinggi pada perlakuan sampah catering tanpa perlakuan dengan jumlah sampah 100 mg/larva/hari atau A1.
4. Kecepatan penguraian ditentukan oleh besarnya nilai SC dan WRI. Jadi, perlakuan yang lebih optimal untuk kecepatan penguraian, yaitu pada perlakuan sampah catering fermentasi dengan jumlah sampah 100 mg/larva/hari atau C1.
5. Mutu hasil biokonversi jenis sampah yang dikelola oleh PT. BSI memenuhi standar kualitas pupuk organik berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011.
6. Perlakuan yang optimal adalah perlakuan sampah catering tanpa perlakuan dengan

jumlah sampah 100 mg/larva/hari atau A1. Perlakuan A1 memiliki nilai biomassa sebesar 290 mg; konsumsi substrat 61,28%; indeks reduksi limbah 4,09%; dan tingkat ketahanan hidup larva 98,5%. Oleh karena itu, disarankan untuk PT. BSI menggunakan jenis sampah catering tanpa perlakuan dan jumlah sampah yang sedikit, sehingga akan memperoleh hasil yang lebih efisien dan efektif.

## REFERENSI

- Alattar, M. A. 2012. *Biological treatment of leachates of microaerobic fermentation*. Tesis. Portland State University, Portland
- Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elder, B., Givens, M., Jeffay, N., Robinson, W. 2013. *The black soldier fly how-to-guide*. *UNC Institute for the environment*. ENST.
- Darmawan, M., Sarto., Prasetya, A. 2017. *I111 - Budidaya Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens.) dengan Pakan Limbah Dapur (Daun Singkong)*. *Symposium Nasional RAPI XVI*. Hal. 208-213.
- Diener, S., Gutiérrez, F. R., Zurbrügg, C., & Tockner, K. 2009. Are larvae of the black soldier fly-Hermetia illucens-a financially viable option for organic waste management in Costa Rica. *Prosiding Seminar Sardinia*.
- Diener, S. 2010. *Valorisation of organic solid waste using the black soldier fly, Hermetia illucens, in low and middle-income countries*. ETH Zurich,
- 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.
- Hakim, A R., Prasetya, A., Petrus, Himawan, T B M. 2017. *Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna menggunakan Larva Hermetia illucens*. *JPB Kelautan dan Perikanan*. Vol. 12, No 2, Hal. 179-192.
- Hem, S. 2011. *Final report Project FISH-DIVA: Maggot-bioconversion research program in Indonesia concept of new food resources results and applications 2005-2011*. *Centre for Aquaculture Research and Development*. Jakarta.
- Holmes, L., Vanlaerhoven, S., & Tomberlin, J. 2012. *Relative humidity effects on the life history of Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae)*. *Environmental Entomology*, 41(4), 971-978.
- Insam, H., dan De Bertoldi, M. 2007. *Microbiology of the composting process*. *Jurnal Waste management series*. Vol. 8, Hal. 25-48.

- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2017. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) 2017*. KLHK: Jakarta (ID).
- Kim, W.T., Bae, S.W., dkk. 2010. The larval age and mouth morphology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology*. 21(2), 185-187.
- Kiran, E. U., Trzcinski, A. P., Ng, W. J., dan Liu, Y. 2014. Bioconversion of food waste to energy. *Fuel*, 134, 389-399.
- Mentari, P. D. 2018. *Karakteristik Dekomposisi Sampah Organik Pasar Tradisional menggunakan Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Monita, L. 2017. Biokonversi Sampah Organik menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dan EM4 dalam Rangka Menunjang Pengelolaan Sampah Berkelanjutan. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Muhayyat, M. S., Yuliansyah, A. T., Prasetya, A. 2016. Pengaruh Jenis Limbah dan Rasio Umpan pada Biokonversi Limbah Domestik Menggunakan Larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 10, No. 1, hal. 23-29.
- Myers, H. M., Tomberlin, J. K., Lambert, B. D., Kattes D. 2008. Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environ Entomol*. 37: 11-15.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., dan Vanlaerhoven, S. 2015. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 406-410.
- O'leary, P., Tchobanoglous, G., dan Kreith, F. 2002. Handbook of solid waste management. *Landfilling*. New York: McGraw-Hill.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2011. Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah. Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) No. 70/Permentan/SR.140/10/2011. dalam <http://perundangan.pertanian.go.id/> diakses pada 12 Januari 2020.
- Popa, R. dan Green, T. 2012. DipTerra LCC e-Book 'Black Soldier Fly Applications'. *DipTerra LCC*.
- Purnomo, E. A., Sutrisno, E., Sumiyati, S. 2017. Pengaruh Variasi C/N Rasio Terhadap Produksi Kompos dan Kandungan Kalium (K), Pospat (P) dari Batang Pisang dengan Kombinasi Kotoran Sapi dalam Sistem Vermicomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6, No. 2, Hal. 1-15.
- Sipayung, P. Y. E. 2015. *Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens) sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah di Daerah Perkotaan*. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Suciati R, Faruq H. 2017. Efektifitas media pertumbuhan maggots *Hermetia illucens* (lalat tentara hitam) sebagai solusi pemanfaatan sampah organik. *Jurnal Biosfer dan Pendidikan Biologi*. Vol 2 (1): 8-13.
- Supriyatna, A. dan Putra, R. E. 2017. Estimasi Pertumbuhan Larva Lalat *Black Soldier (Hermetia illucens)* dan Penggunaan Pakan Jerami Padi yang Difermentasi dengan Jamur *P. chryosporium*. *Jurnal Biodjati*, 2 (2), Hal 159-166.
- Suswatanti, E. P. S., dan Widiyaningrum, P. 2017. Pemanfaatan MOL Limbah Sayur pada Proses Pembuatan Kompos. *Jurnal MIPA*. Vol. 40 (1): 1-6.
- Tifani, M. A., Kumalaningsih, S., Mulyadi, A. F. 2010. Produksi Bahan Pakan Ternak dari Ampas Tahu dengan Fermentasi Menggunakan EM4 (Kajian pH Awal dan Lama Waktu Fermentasi). *Jurnal Ilmiah Peternakan*. 5(1), 78- 88.
- Tomberlin, J. K., Sheppard, D. C., dan Joyce, J. A. 2002. Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(3), 379-386.
- Varma, V. S., Das, S., Sastri, C. V., dan Kalamdhad, A. S. 2017. Microbial degradation of lignocellulosic fractions during drum composting of mixed organic waste. *Sustainable Environment Research*, 27(6), 265-272.
- Wardhana, A. H. 2016. *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. *Jurnal WARTAZOA*. Vol. 26, No. 2, Hal. 69-78.
- Widarti, B. N., Wardhini, W. K., Sarwono, E. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku Pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 5, No. 2, Hal. 75-80.
- Winarso. D. 2003. Perubahan Karakteristik Fisik Akibat Perbedaan Umur, Macam Otot, Waktu dan Temperatur Perebusan pada Daging Ayam Kampung. *Journal Indon. Trop. Anim. Agric*. 28 (3) Hal. 119-132.