

**Research Article****Kualitas Kimia Kompos Hasil Biokonversi Berbagai Jenis Limbah Organik Menggunakan Larva *Black Soldier Fly* dan EM-4*****Chemical Quality Of Compost Produced by Bioconversion Of Various Organic Waste by Using Black Soldier Fly and EM-4*****Deni Pratama^{1*}, Rion Apriyadi¹, Rahmad Lingga², Meri Rahmawati¹**¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Bologi, Universitas Bangka Belitung. Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215²Jurusan Biologi, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Bologi, Universitas Bangka Belitung. Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215

Received: November 18, 2022 /Received in revised : December 19, 2022/ Accepted: December 30, 2022

ABSTRACT

Waste is a major problem that is often faced by Indonesian people. The existence of waste that has not been handled properly will have a negative impact on the quality of the community's environment. Waste handling with the bioconversion method with the help of Black soldier Fly (BSF) larvae and EM-4 bio-activator can minimize waste capacity and be useful for the community. This study aims to compare the ability between bioconversion agent and quality of various types of organic waste that use for bioconversion. The research was conducted in January – August 2022 at Experimental dan Research Garden (KP2) Universitas Bangka Belitung and Laboratory of Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology. This study used a factorial randomized block design (RAKF) with 2 factors. The first factor were bioconversion agents consist of 3 levels, P0 (control), P1 (EM-4 activator) (15 ml), P2 (Black Soldier Fly) (5 grams/bio-pond). The second factor were different kind of organic waste materials consists of 3 levels, L1 (pineapple peel waste), L2 (orange peel waste), L3 (bagasse). The results showed that BSF larvae had a potential as bioconversion agent and its ability close to EM-4. Generally, application of bioconversion agent increased the quality of compost compare to without application of bioconversion agent. Application of bioconversion agent combined with pineapple peel waste had quality close to standards from Ministry of Agriculture No. 261, 2019.

Keywords: Black Soldier Fly larvae, Bioconversion, Bio-activator, Compost, EM-4, Organic Waste.**ABSTRAK**

Limbah organik merupakan masalah utama yang sering dihadapi oleh masyarakat Indonesia. Limbah yang tidak tertangani dengan baik akan berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan di masyarakat. Penanganan sampah dengan metode biokonversi dengan bantuan larva Black soldier Fly (BSF) dan bioaktivator EM-4 dapat mengurangi kapasitas limbah dan bermanfaat bagi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kemampuan antara agen biokonversi dan kualitas berbagai jenis limbah organik yang digunakan untuk biokonversi. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari – Agustus 2022 di Kebun Penelitian dan Percobaan (KP2) Universitas Bangka Belitung dan Laboratorium Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology (ICBB). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAKF) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah agen biokonversi yang terdiri dari 3 taraf, P0 (kontrol), P1 (aktivator EM-4) (15 ml), P2 (Black

*Korespondensi Penulis.

Soldier Fly) (5 gram/bio-pond). Faktor kedua adalah jenis limbah organik yang terdiri dari 3 taraf yaitu L1 (limbah kulit nanas), L2 (limbah kulit jeruk) dan L3 (ampas tebu). Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva BSF berpotensi sebagai agen biokonversi dan kemampuannya mendekati EM-4. Secara umum, aplikasi agen biokonversi meningkatkan kualitas kompos dibandingkan tanpa aplikasi agen biokonversi. Aplikasi agen biokonversi yang dikombinasikan dengan limbah kulit nanas memiliki mutu yang mendekati standar Permentan No. 261 Tahun 2019.

Keywords: Bioaktivator, Biokonversi, Black Soldier Fly, EM-4, Kompos, Limbah Organik.

1. Pendahuluan

Limbah di perkotaan merupakan masalah utama yang sering dihadapi masyarakat Indonesia. Limbah yang jumlahnya sangat tinggi mengakibatkan pemerintah daerah mengalami keterbatasan kemampuan dalam menangani masalah tersebut (Nursaid et al. 2019). Keberadaan timbunan limbah yang belum ditangani dengan baik akan berakibat buruk terhadap kualitas lingkungan dan kualitas hidup penduduk yang tinggal di kawasan perkotaan (Fitriansyah 2021). Menurut Kemeskes RI, (2018), proporsi kualitas limbah rumah tangga berdasarkan karakteristik tempat tinggalnya, pengelolaan limbah di perkotaan sebesar 55,42%. Data tersebut menunjukkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengolah limbah harus ditingkatkan. Strategi pengelolaan limbah dengan cara mengumpulkan dan mendaur ulang limbah (Wardana et al. 2012).

Limbah organik bersifat dapat terurai secara hayati oleh mikroorganisme sehingga mudah terdekomposisi dalam waktu yang cepat, sedangkan limbah anorganik bersifat tidak dapat terurai sehingga sulit terdekomposisi. Bahan organik sebagian besar terdiri atas sisa makanan, kertas, kardus, karet, kulit, kayu, limbah pasar, limbah industri kewirusahaan, dan limbah kebun. Bahan anorganik sebagian besar terdiri dari plastik, kaca, tembikar, kain, dan logam (Saragi 2015). Jenis limbah organik yang sering dijumpai banyak terbuang dimasyarakat berupa sayuran dan buahan dari limbah industri kewirausahaan, limbah pedagang sayur di pasar, maupun dari rumah tangga (Khusaema 2020). Masalah yang ditimbulkan dari limbah yang tidak tertangani dengan baik adalah masalah estetika, polusi udara, polusi air, polusi tanah, serta menjadi tempat berkembangnya penyakit. Permasalahan limbah menjadi hal yang sangat penting untuk ditangani (Guruh 2017).

Biokonversi digunakan sebagai kegiatan alternatif daur ulang limbah organik saat ini (Oktavia & Rosariawari 2020). Salah satu teknik untuk menangani limbah adalah dengan mempercepat proses dekomposisi. Lama proses dekomposisi tergantung pada karakter bahan yang digunakan. Metode biokonversi limbah dengan penambahan aktivator dapat menguraikan bahan

organik. Penambahan aktivator diharapkan dapat lebih meningkatkan kecepatan proses dekomposisi bahan organik. Aktivator tersebut antara lain larva BSF dan beberapa spesies mikroorganisme pengurai materi organik yang telah diisolasi, dioptimasi, dan terdapat pada keadaan inaktif seperti *Effective Microorganisme* (EM-4) (Octavia et al. 2012). Penanganan limbah dengan menggunakan metode biokonversi limbah organik dengan bantuan bioaktivator larva BSF dan EM-4 dapat meminimalisir kapasitas limbah dan berguna bagi masyarakat (Monita et al. 2017) serta dapat dimanfaatkan di bidang pertanian dan peningkatan kualitas lahan pasca tambang (Inonu et al. 2020 ; Yarda et al. 2019). Menurut Augusta et al. (2021), kulit nanas dapat digunakan sebagai media pertumbuhan maggot dengan penambahan dedak dan tetes tebu dengan perbandingan kulit nanas 15 kg, dedak 5 kg dan tutup botol 50 ml/5 berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan larva BSF.

Umumnya limbah diolah menjadi kompos dengan menggunakan bantuan mikroorganisme, tetapi proses biokonversi tidak menutup kemungkinan adanya agen lain yang dapat membantu dalam proses dekomposisi. Salah satu agennya adalah larva dari lalat *Black Soldier Fly* yang masih belum banyak dimanfaatkan sebagai agen dekomposer. Menurut Kinasih et al. (2017), lalat *Black Soldier Fly* merupakan organisme serangga penting di alam, yang memiliki peran sebagai serangga dekomposer berbagai limbah organik. Metode biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* atau maggot dapat menyerap nutrisi dari limbah organik menjadi biomassa larva (Nugraha 2019). Bahan organik yang disukai oleh larva BSF adalah sisa makanan seperti limbah pasar, limbah kandang, limbah agroindustri, limbah dapur dari restoran, limbah buah dan sayur yang banyak mengandung air, serta limbah yang kaya protein (Khusaema 2020). Karakteristik larva BSF yang memiliki nafsu makan yang tinggi sehingga lebih cepat mengurai limbah organik.

Effective Microorganisme merupakan capuran dari berbagai jenis mikroorganisme yang bermanfaat (bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, aktinomisetes dan jamur fermentasi) sehingga dapat meningkatkan keragaman mikroba tanah (Siboro et al. 2013). Menurut Jalaluddin et al.

(2017) semakin lama waktu fermentasi dan semakin banyak volume EM-4 yang digunakan maka semakin tinggi nilai N, P, dan K yang didapat dari pengolahan limbah sampah buah-buahan. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui kemampuan larva BSF dalam mengkonversi limbah organik dan dibandingkan dengan metode pengomposan yang umum digunakan oleh petani yang menggunakan EM-4. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang perbandingan kemampuan agen biokonversi dan jenis limbah organik terbaik dalam mendekomposisi bahan organik dari segi kuantitas dan kualitas hasil biokonversi.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2022 hingga Agustus 2022. Penelitian ini akan dilaksanakan di Kebun Percobaan dan Penelitian Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi Universitas Bangka Belitung dan analisis kimia kompos akan dilakukan di Laboratorium ICBB (*Indoesian Center for Biodiversity and Biotechnology*) PT. Biodiveritas Bioteknologi Indonesia Bogor Barat. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu bioaktivator limbah yang terdiri dari 3 taraf. P0 Tanpa aktivator (kontrol), P1 (Aktivator EM-4) (sebanyak 15 ml), P2 (Aktivator larva *Black Soldier Fly*) (sebanyak 5 g/*biopond*). Faktor kedua yaitu bahan limbah organik yang terdiri dari 3 taraf, L1 (limbah kulit nanas), L2 (limbah jeruk peras), L3 (limbah ampas tebu). Terdapat 9 kombinasi perlakuan yang terdiri 3 blok sehingga terdapat 27 unit percobaan.

Eksperimen dimulai dengan pembuatan rak *biopond* dengan ukuran 4 m x 2 m x 3 m, lalu *Biopond* yang terbuat dari kotak *styrofoam* yang berukuran 29,6 cm x 19,8 cm x 11 cm disusun di rak *Biopond*. Kotak dilapisi dengan jaring kasa dan diberikan jarak 2 cm untuk perlakuan bioaktivator larva, kemudian ditutup menggunakan kain kasa. Limbah organik didapat di Pasar Kaget, Pasar Pagi dan dari limbah sisa industri kewirausahaan di Taman Dealova Pangkalpinang seperti jeruk peras dan ampas tebu. Limbah kulit nanas, limbah jeruk peras dan limbah ampas tebu dicacah secara manual dengan ukuran 0,5 – 1 cm, lalu diangin-anginkan dalam udara terbuka selama 24 - 48 jam, limbah yang telah siap kemudian dipindahkan kedalam *biopond*.

Pembiakan larva yang digunakan adalah larva yang sudah menetas. Penetasan telur menggunakan media tumbuh larva seperti media ampas kelapa dan dedak yang digunakan sebagai sumber

makanan disekitar telur. Pemindahan larva BSF ke media pembesaran jika sudah 14 - 16 hari setelah menetas. Jumlah larva yang telah menetas untuk tiap *biopond* adalah 5 gram/*bi-pond*. Larva yang telah dibiakkan dimasukkan kedalam *biopond* yang sudah berisi bahan limbah, lalu wadah ditutup menggunakan kain kasa. Pada perlakuan EM-4, Limbah organik yang telah siap dimasukkan kedalam wadah yang telah ditambahkan bioaktivator EM-4 sebanyak 15 ml. Pengaplikasian EM-4 dengan mencampurkan larutan EM-4 sebanyak 15 ml dengan 1 liter air. Bioaktivator EM-4 disiram ke bahan limbah, kemudian diaduk secara merata. *Biopond* ditutup dengan penutup *styrofoam* yang dilapisi dengan plastik.

Pemeliharaan pada perlakuan larva BSF dilakukan dengan pembalikan setiap 2 hari sekali, agar menjaga ketersediaan oksigen bagi larva BSF. Pembasahan media limbah dengan air dilakukan untuk menjaga kelembaban agar media tidak kering. Setelah pembalikan, media limbah ditutup kembali menggunakan kain kasa. Pada perlakuan EM-4, pemeliharaan dilakukan dengan pembalikan bahan organik jika suhu lebih dari 50°C. Kompos hasil biokonversi dipanen secara bersamaan antara kontrol, larva BSF, dan EM-4. Kompos yang dipanen adalah yang telah matang berwarna kehitaman, berbau tanah, suhu sesuai dengan suhu air tanah

Parameter yang diamati meliputi Susut Bobot Limbah (%), Kelembaban (%), Derajat Keasaman (pH), Suhu Bahan (°C), Warna, Kadar Kimia Kompos (C-Organik, N-Total, P-Total, dan K- Total, Fe, Mn dan Zn), dan Jumlah Imago/lalat dewasa (ekor). Data kualitatif yang diperoleh seperti warna kompos dan kelembaban dianalisis secara deskriptif. Data kuantitatif berupa susut bobot limbah, dan suhu diuji menggunakan uji Analysis of Variance (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95%. Jika menunjukkan ada pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 95%. Data pengukuran berkala seperti derajat keasaman (pH) dan jumlah imago disajikan dalam bentuk grafik. Hasil analisis kimia kompos disesuaikan dengan kualitas kompos berdasarkan kualitas pupuk organik dari Permentan No. 261 (2019).

3. Hasil

Hasil analisis sidik ragam biokonversi limbah organik menggunakan larva BSF dan bioaktivator EM-4 menunjukkan pengaruh nyata pada peubah susut bobot, tetapi berpengaruh tidak nyata pada interaksi jenis limbah dan jenis agen biokonversi. Peubah suhu menunjukkan pengaruh yang tidak nyata baik pada pemberian agen biokonversi, jenis limbah ataupun interaksinya (Tabel 1). Hasil Uji

lanjut DMRT menunjukkan bahwa agen biokonversi EM-4 menunjukkan perlakuan susut bobot tertinggi sedangkan kontrol menunjukkan susut bobot terendah. Susut bobot tertinggi terdapat pada

limbah organik kulit jeruk, sedangkan limbah organik ampas tebu memiliki nilai susut bobot terendah (Tabel 2).

Tabel 1. Hasil sidik ragam biokonversi limbah organik menggunakan larva BSF dan bioaktivator EM-4 terhadap peubah susut bobot (g), dan suhu (°C).

Peubah	Agen Biokonversi	Limbah Organik	Interaksi	KK (%)
	Pr > F	Pr > F	Pr > F	
Susut Bobot (g)	0.0005**	0.0065**	0.0701 ^{tn}	11.16
Suhu (°C)	0.0973 ^{tn}	0.5067 ^{tn}	0.3155 ^{tn}	2.61

Keterangan : KK : Koefisien Keragaman; Pr > F : Nilai Probability; tn : berpengaruh tidak nyata; ** : Berpengaruh nyata.

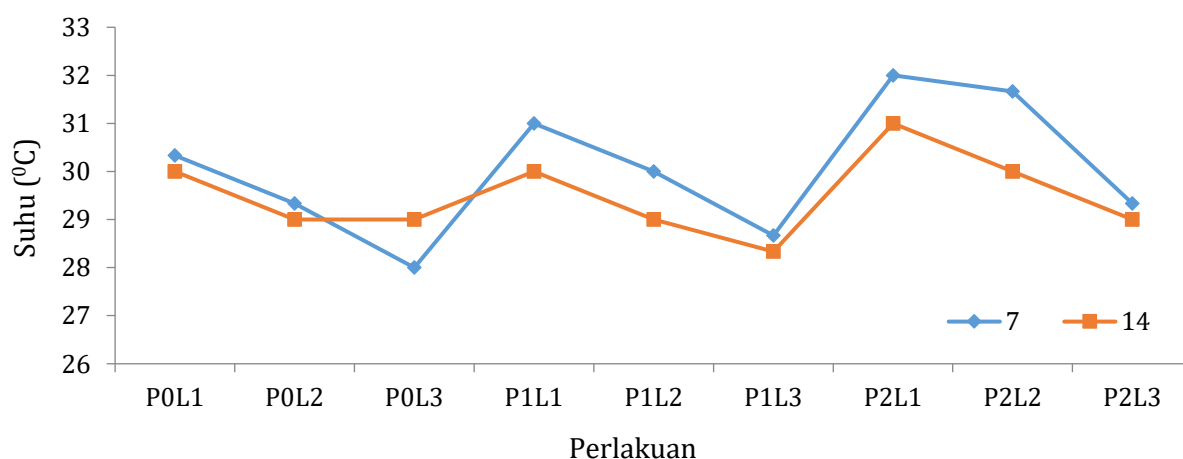
Tabel 2. Hasil uji lanjut DMRT pada susut bobot pengamatan hari ke-14 perlakuan agen biokonversi dan limbah organik.

Agen Biokonversi	Limbah Organik			Rata-rata
	Kulit nanas	Kulit jeruk	Ampas tebu	
Kontrol	1.050 b	1.100 a	0.933 b	1.025 b
EM-4	1.366 b	1.566 a	1.100 b	1.344 a
Larva BSF	1.033 b	1.233 a	1.166 b	1.144 b
Rata-rata	1.162 b	1.300 a	1.066 b	

Keterangan : Angka yang diikuti pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT taraf kepercayaan 95%.

Suhu tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tiap perlakuan tetapi terjadi fluktuasi suhu selama proses biokonversi (Gambar 1). Perbedaan suhu yang tidak signifikan pada saat biokonversi ini diduga menjadi penyebab pengaruh yang tidak nyata pada peubah suhu (Tabel 3). Secara umum, pengamatan suhu hari ke-7 yang perlakuan dengan suhu yang cenderung lebih

tinggi terlihat pada perlakuan P2L1 (Larva BSF dan kulit nanas), sedangkan suhu terendah pada perlakuan P0L3 (kontrol dan ampas tebu). Pengamatan suhu hari ke-14 menunjukkan suhu yang cenderung lebih tinggi terlihat pada perlakuan P2L1 (larva BSF dan kulit nanas), sedangkan yang terendah pada perlakuan P1L3 (EM-4 dan ampas tebu).



Gambar 1. Suhu pada 7 dan 14 hari proses biokonversi. P0L1 (kontrol + kulit nanas), P0L2 (kontrol + kulit jeruk), P0L3 (kontrol + ampas tebu), P1L1 (EM-4 + kulit nanas), P1L2 (EM-4 + kulit jeruk), P1L3 (EM-4 + ampas tebu), P2L1 (Larva BSF + kulit nanas), P2L2 (larva BSF + kulit jeruk), P2L3 (larva BSF + ampas tebu).

Tabel 3. Hasil uji lanjut DMRT pada suhu bahan pengamatan hari ke-17 perlakuan agen biokonversi dan limbah organik.

Agen Biokonversi	Limbah Organik			Rata-rata
	Kulit nanas	Kulit jeruk	Ampas tebu	
Kontrol	29.50 a	29.33 a	28.66 a	29.12 ab
EM-4	29.33 a	29.33 a	30.00 a	29.55 ab
Larva BSF	30.33 a	29.33 a	30.33 a	30.00 a
Rata-rata	29.75 a	29.66 a	29.33 a	

Keterangan : Angka yang diikuti pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT taraf kepercayaan 95%.

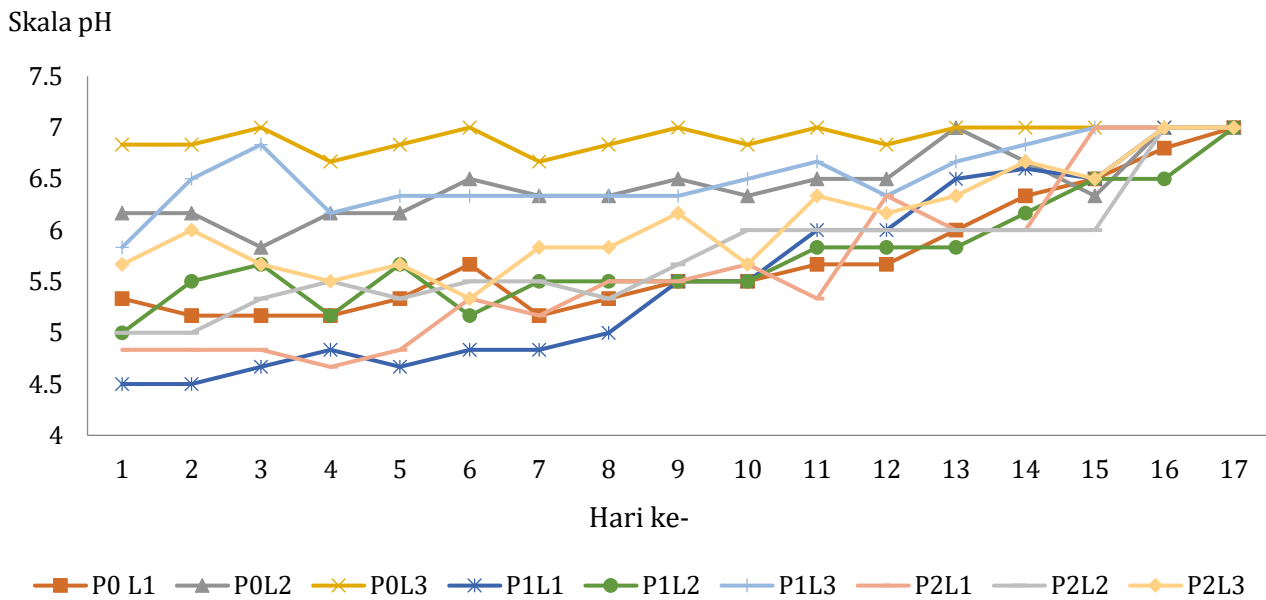
Tabel 4. Kelembaban bahan limbah pada saat proses biokonversi

Hari ke-	Rata-Rata Kelembaban Limbah Organik								
	Perlakuan								
	P0L1	P0L2	P0L3	P1L1	P1L2	P1L3	P2L1	P2L2	P2L3
1	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
2	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
3	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
4	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
5	Wet	Wet +	Wet	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +	Wet +
6	Wet	Wet	Wet	Wet +	Wet +	Wet +	Wet	Wet+	Wet +
7	Wet	Wet	Wet	Wet +	Wet +	Wet +	Wet	Wet	Wet
8	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet +	Wet	Wet	Wet	Wet
9	Wet	Wet	Nor	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet	Wet
10	Nor	Nor	Nor	Wet	Wet	Wet	Wet	Nor	Wet
11	Nor	Nor	Nor	Wet	Wet	Wet	Wet	Nor	Wet
12	Dry	Dry	Dry	Wet	Wet	Wet	Dry	Nor	Nor
13	Dry	Dry	Dry	Wet	Wet	Nor	Dry	Dry	Dry
14	Dry +	Dry	Dry +	Wet	Dry	Dry	Dry	Dry +	Dry +
15	Dry +	Dry +	Dry +	Dry	Dry	Dry	Dry +	Dry +	Dry +
16	Dry +	Dry +	Dry +	Dry	Dry	Dry	Dry +	Dry +	Dry +
17	Dry +	Dry +	Dry +	Dry	Dry	Dry	Dry +	Dry +	Dry +

Keterangan : Dry + (sangat kering), Dry (kering), Wet + (sangat basah), Wet (basah), Nor (normal). P0L1 (kontrol + kulit nanas), P0L2 (kontrol + kulit jeruk), P0L3 (kontrol + ampas tebu), P1L1 (EM-4 + kulit nanas), P1L2 (EM-4 + kulit jeruk), P1L3 (EM-4 + ampas tebu), P2L1 (Larva BSF + kulit nanas), P2L2 (larva BSF + kulit jeruk), P2L3 (larva BSF + ampas tebu).

Hasil pengamatan kelembaban pada biokonversi limbah organik menunjukkan perubahan yang tidak signifikan dikarenakan terdapat proses pemeliharaan kelembabab dengan penyiraman air ke bahan limbah selama proses biokonversi. Kelembaban pada hari ke-1 hingga hari ke-4 pada semua perlakuan dalam kategori Wet + (sangat basah). Hari ke-5 mengalami perubahan menjadi Wet (basah) pada perlakuan P0L1 dan P0L3. Hari ke-6 hingga hri ke-11 Wet (basah) dan Nor

(normal). Hari ke 12 dan hari ke- 13 berubah menadi Dry (kering). Hari ke 14 hingga hari ke-17 berubah menjadi Dry+ (sangat kering) (Tabel 4). Berdasarkan grafik pengamatan pH mengalami peningkatan pada setiap harinya. Skala pH limbah mengalami perubahan dengan berjalannya waktu. Hari ke- 1 degan skala rentang pH 4,5 – 7 pada perlakuan yang berbeda. Hari ke 17, pH berubah menjadi netral dengan skala pH berkisar pada pH 7 (Gambar 2).



Gambar 2. Pengamatan pH / hari. P0L1 (kontrol + kulit nanas), P0L2 (kontrol + kulit jeruk), P0L3 (kontrol + ampas tebu), P1L1 (EM-4 + kulit nanas), P1L2 (EM-4 + kulit jeruk), P1L3 (EM-4 + ampas tebu), P2L1 (Larva BSF + kulit nanas), P2L2 (larva BSF + kulit jeruk), P2L3 (larva BSF + ampas tebu).

Hasil pengamatan warna pada biokonversi limbah organik menunjukkan pada perlakuan P0L1 (kontrol/kulit nanas), P1L1 (EM-4/kulit nanas), P2L1 (larva BSF/kulit nanas), P0L2 (kontrol/kulit jeruk), P1L2 (EM-4/kulit jeruk), P2L2 (larva BSF/kulit jeruk) memiliki warna yang cenderung lebih hitam kemerahan dengan kode warna tanah 2.5/1 2.5 YR (*reddish black*). Warna limbah organik pada perlakuan P0L3 (kontrol/ampas tebu)

cenderung bewarna coklat zaitun muda dengan kode 5/4 10 YR (*light olive brown*). Warna limbah organik perlakuan P1L3 (EM-4/ampas tebu) cenderung bewarna kuning kecolatan dengan kode 6/4 10 YR (*light yellowish brown*). Perlakuan P2L3 (larva BSF/ampas tebu) cenderung bewarna kuning kecolatan dengan kode 6/4 10 YR (*light yellowish brown*) (Tabel 5).

Tabel 5. Rata-rata perubahan warna limbah organik

Hari ke-	Rata-Rata Warna Limbah Organik								
	Perlakuan								
	P0L1	P0L2	P0L3	P1L1	P1L2	P1L3	P2L1	P2L2	P2L3
17	2.5/1 2.5 YR	2.5/1 2.5 YR	5/4 10 YR	2.5/1 2.5 YR	2.5/1 2.5 YR	6/4 10 YR	2.5/1 2.5 YR	2.5/1 2.5 YR	5/4 10 YR

Keterangan : P0L1 (kontrol + kulit nanas), P0L2 (kontrol + kulit jeruk), P0L3 (kontrol + ampas tebu), P1L1 (EM-4 + kulit nanas), P1L2 (EM-4 + kulit jeruk), P1L3 (EM-4 + ampas tebu), P2L1 (Larva BSF + kulit nanas), P2L2 (larva BSF + kulit jeruk), P2L3 (larva BSF + ampas tebu).

Pengujian kadar kimia kompos disesuaikan dengan Permentan No. 261 (2019). Kadar C-Organik pada semua perlakuan sesuai dengan minimal 15 %. Kadar air pada semua perlakuan sesuai kecuali perlakuan P0L3 (kontrol + ampas tebu), dan P2L3 (larva BSF + ampas tebu), dengan minimal 10-25 %. Kadar air dengan nilai tertinggi pada perlakuan P2L1 (larva BSF + kulit nanas), dan terendah pada perlakuan P2L3 (larva BSF + ampas tebu). Kadar N-Total tertinggi pada perlakuan P1L2

(EM-4/kulit jeruk), dan terendah pada perlakuan P0L3 (kontrol + ampas tebu). Kadar P-Total memiliki nilai tertinggi pada perlakuan P2L1 (larva BSF + kulit nanas), dan terendah pada perlakuan P0L3 (kontrol + ampas Tebu), dan P1L3 (EM-4 + kulit jeruk). Kadar K-Total tertinggi pada perlakuan P1L1 (EM-4 + kulit nanas), dan terendah pada perlakuan P0L3 (kontrol + ampas tebu). Fe-Total memiliki nilai tertinggi pada perlakuan P2L2 (larva BSF + kulit jeruk) dan terendah pada perlakuan

P0L3 (kontrol + ampas tebu). Kadar Fe-Tersedia dengan nilai tertinggi pada perlakuan P2L3 (larva BSF + ampas tebu), dan yang terendah pada perlakuan P0L2 (kontrol + kulit jeruk). Kadar Zn-Total dengan nilai tertinggi pada perlakuan P1L1 (EM-4 + kulit nanas) dan terendah P0L3 (kontrol + ampas tebu). C/N rasio yang tertinggi pada perlakuan P0L3 (kontrol + ampas tebu), dan terendah pada perlakuan P2L1 (larva BSF + kulit nanas). Kadar pH yang tertinggi pada perlakuan agen biokonversi kontrol, EM-4 dan larva BSF dengan media limbah organik kulit nanas,

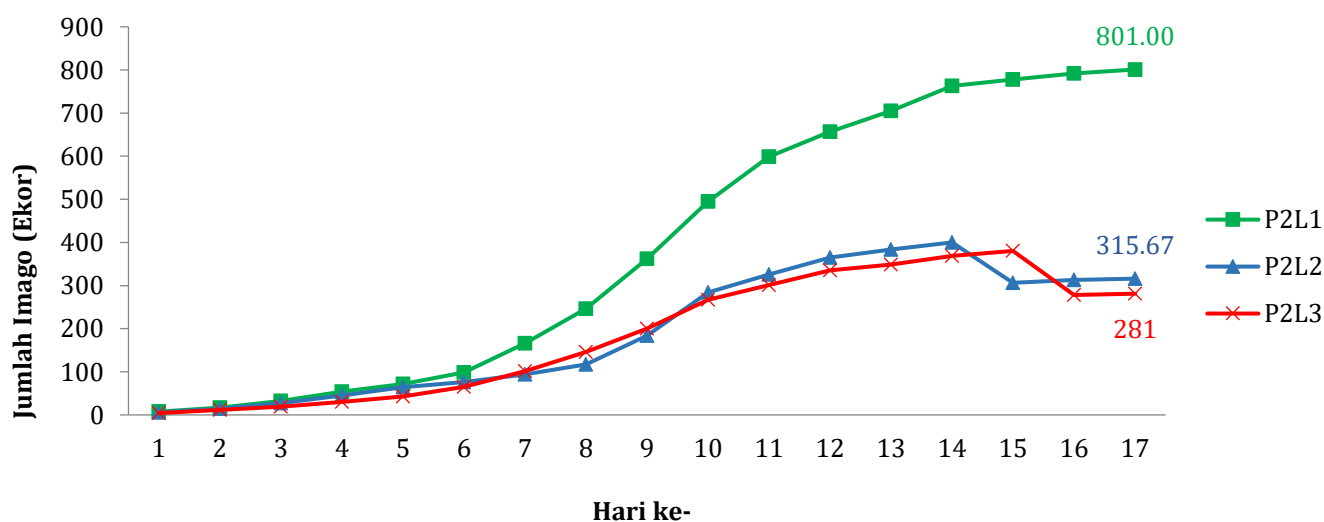
sedangkan yang terendah pada perlakuan P1L3 (EM-4 + ampas tebu) (Tabel 6).

Limbah organik kulit nanas merupakan perlakuan limbah organik yang menghasilkan imago terbanyak. Limbah organik ampas tebu merupakan limbah organik yang terendah pada jumlah imago. Jumlah imago mengalami peningkatan pada setiap harinya. Jumlah imago tertinggi hari ke-17 pada perlakuan P2L1 (larva BSF + kulit nanas), dan jumlah imago terendah pada perlakuan P2L2 (Larva BSF + kulit jeruk) dan P2L3 (larva BSF + ampas tebu) (Gambar 3).

Tabel 6. Hasil pengujian kadar kimia kompos

Parameter	Perlakuan									Permentan No. 261 (2019)
	P0L1	P0L2	P0L3	P1L1	P1L2	P1L3	P2L1	P2L2	P2L3	
C-Organik (%)	36,60	40,21	55,44	35,95	40,32	54,68	36,44	38,62	45,27	Min 15
Kadar Air (%)	14,55	10,78	8,04	14,06	11,85	10,86	15,17	10,86	7,38	10 - 25
N-Total (%)	1,43	3,07	0,49	2,85	3,31	0,62	3,05	3,18	1,05	Min. 2
P-Total (%)	0,60	0,41	0,05	0,69	0,51	0,05	0,89	0,45	0,19	Min. 2
K-Total (%)	6,63	3,34	0,21	6,83	4,06	0,28	6,10	3,46	0,51	Min. 2
Fe-Total (mg/Kg)	40730	103474	919	60197	78904	990	69194	122883	2768	Maks. 15.000
Fe Tersedia (mg/Kg)	21,1	18,2	26,5	46,5	39,1	61,3	48,6	41,2	64,0	Maks. 5.000
Zn-Total (mg/Kg)	60,5	46,7	32,2	71,8	53,0	32,8	64,5	50,3	42,6	Maks. 5.000
C/N Rasio	25,60	13,10	113,14	12,62	12,19	88,20	11,95	12,15	43,12	≤ 25
pH	9,7	9,7	9,7	8,8	9,2	9,1	7,4	6,1	6,5	4 - 9

Keterangan: P0L1 (kontrol + kulit nanas), P0L2 (kontrol + kulit jeruk), P0L3 (kontrol + ampas tebu), P1L1 (EM-4 + kulit nanas), P1L2 (EM-4 + kulit jeruk), P1L3 (EM-4 + ampas tebu), P2L1 (Larva BSF + kulit nanas), P2L2 (larva BSF + kulit jeruk), P2L3 (larva BSF + ampas tebu). Persentase standar yang terpenuhi dihitung dari total standar terpenuhi dibagi total standar yang diuji (10 standar).



Gambar 3. Jumlah imago selama 17 hari. P2L1 (Larva BSF/kulit nanas), P2L2 (Larva BSF/kulit jeruk), P2L3 (Larva BSF/ampas tebu).

4. Pembahasan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan agen biokonversi dan limbah organik berpengaruh nyata terhadap susut bobot. Penggunaan agen biokonversi dan limbah organik berpengaruh tidak nyata terhadap suhu. Interaksi antara agen biokonversi dan limbah organik tidak berpengaruh nyata terhadap susut bobot, dan suhu bahan organik. Interaksi antara agen biokonversi dan limbah organik pada peubah susut bobot tertinggi cenderung dihasilkan oleh perlakuan agen biokonversi EM-4 + limbah kulit jeruk. Nilai rata-rata interaksi antara agen biokonversi dan limbah organik pada peubah suhu tertinggi cenderung dihasilkan oleh kombinasi agen biokonversi larva BSF + limbah kulit nanas. Pada penelitian ini BSF memiliki potensi dalam mendegradasi limbah organik tetapi masih belum bias menyaingi kemampuan dari EM-4. Menurut Fatmanintyas *et al.* (2022), nilai indeks pengurangan limbah menggunakan larva BSF berkisar antara 2,82% - 3,73%, nilai reduksi limbah lebih dari 50% menunjukkan adanya efektivitas larva BSF dalam mendegradasi limbah organik. Susut bobot kompos mulai terlihat penurunan pada minggu ke-1 hingga minggu ke-2. Setelah itu terjadinya susut bobot cenderung lebih sedikit. Dormans *et al.* (2017) menyatakan bahwa susut bobot yang semakin sedikit dikarenakan selama proses dekomposisi bahan - bahan kompos mulai diubah menjadi komposisi yang sederhana serta terjadinya penguraian yang membebaskan CO₂.

Suhu bahan menunjukkan hasil yang cenderung lebih tinggi pada hari ke-7 perlakuan EM-4 dengan limbah kulit jeruk, sedangkan pada hari ke-14 cenderung lebih tinggi perlakuan larva BSF dengan limbah kulit nanas. Aktivitas larva selama fase makan sangat aktif dan lahap, sehingga suhu tubuh larva mempengaruhi peningkatan suhu bahan (Monita *et al.* 2017). Suhu optimal limbah organik yang dapat diberikan ke larva BSF dari 27°C - 30°C. Suhu hasil penguraian limbah yang telah matang dari proses biokonversi berada pada suhu air tanah yang tidak melebihi 30°C (Khaer *et al.* 2022). Suhu yang terlalu tinggi akan berdampak pada kondisi larva BSF dan mikroorganisme yang akan menurun sampai mengakibatkan kematian (Khaer *et al.* 2022). Kelembaban, dan pH serta ketersediaan oksigen menjadi salah satu faktor yang penting dalam proses biokonversi limbah organik. Hasil pengukuran pada penelitian menunjukkan larva BSF memakan limbah organik dan mikroorganisme bekerja secara optimal baik untuk mendegradasi limbah organik (Khaer *et al.* 2022). Hari ke- 1 hingga hari ke-4, pada semua perlakuan dalam keadaan sangat lembab, dikarenakan masih memiliki kadar

air yang tinggi pada limbah yang digunakan. Hari ke-5 hingga hari ke- 17 mengalami perubahan yang signifikan, dari keadaan sangat basah (Wet+) hingga menjadi sangat kering (Dry+). Perubahan tersebut terjadi dikarenakan suhu yang meningkat. Suhu dan kelembaban udara dalam *biopond* larva dapat mempengaruhi suhu media (Monita *et al.* 2017).

Hasil pengamatan pH menunjukkan bahwa pH pengomposan pada semua *biopond* mencapai kriteria kualitas kompos pada hari ke-17. Perubahan pH pada *biopond* hampir sama. Proses awal pengomposan akan membentuk asam organik (Atmaja *et al.* 2017). Pengukuran pH pada awal pengomposan limbah untuk perlakuan kontrol, EM-4 dan larva BSF dengan skala pH 5,5, 4,5 dan 4,5 termasuk dalam kategori asam, hal ini bisa terjadi karena disebabkan oleh kandungan bahan organik yang digunakan seperti buah - buahan yang menjadi salah satu bahan pengomposan limbah (Jalaluddin *et al.* 2017). Buah yang digunakan dalam proses biokonversi yang bersifat pH asam seperti buah nanas. Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme di dalam proses penguraian adalah pH. pH optimum yang digunakan untuk proses penguraian bahan organik berkisar antara 6.5-7.5 (Kusumawati *et al.* 2020). Kondisi pH terlalu asam akan menyebabkan mikroorganisme mati (Monita *et al.* 2017). Berdasarkan pengamatan, perubahan warna pada limbah dengan kombinasi perlakuan larva BSF pada limbah kulit nanas, kulit jeruk dan ampas tebu berubah selama pengamatan, yaitu pada hari ke-1 hingga hari ke-17. Perubahan warna pada perlakuan larva BSF dengan kulit nanas berwarna hitam kemerahan yang telah matang menandakan bahwa proses penguraian limbah organik telah selesai.

Kompos yang baik digunakan adalah pupuk kompos yang mengandung unsur hara makro N, P, K yang seimbang karena jika kadar N, P, K dalam pupuk kompos tidak seimbang dapat menyebabkan dampak negatif bagi tumbuhan (Indrawan 2016). Penetapan standar mutu dalam suatu produk pupuk mutlak diperlukan untuk menjamin kualitas kompos tersebut. Penetapan kualitas kompos memerlukan standar baku mutu yang dapat menjamin kualitas kompos yang mengacu pada Permentan No. 261/KPTS/SR.30/M/4/2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. Berdasarkan hasil pengujian, dari 9 taraf perlakuan yang diujikan, P1L1 (EM-4 + kulit nanas), P2L1 (Larva BSF + kulit nanas), P2L2 (larva BSF + kulit jeruk) memenuhi 8 dari 10 standar kriteria sifat kimia kompos sesuai dengan Permentan No. 261 (2019). Parameter uji kimia yang belum bisa terpenuhi dari seluruh taraf perlakuan adalah parameter P-total (dibawah

standar). Parameter Fe-total juga hanya bisa dipenuhi oleh 3 perlakuan (POL3 (kontrol + ampas tebu), P1L3 (EM-4 + ampas tebu), dan P2L3 (larva BSF + ampas tebu)), hal ini menunjukkan kompos yang dibuat dari bahan dasar ampas tebu memiliki potensi Fe-total yang rendah, tetapi kadar N, P dan K yang dihasilkan juga rendah dan dibawah standar. Tinggi rendahnya kadar hara pada penelitian ini membuktikan bahwa kualitas kompos tidak hanya bergantung pada agen biokonversinya tetapi juga bergantung pada bahan dasar pembuatan kompos.

Larva BSF yang telah memasuki fase prepupa menetas menjadi imago muda memasuki fase serangga dewasa dan seiring berjalannya waktu imago terbang, melakukan aktivitas kawin dan bertelur. Jumlah imago / lalat dewasa mengalami peningkatan setiap harinya (Gambar 4). Perubahan fase metamorfosis dari prepupa menjadi lalat BSF menandakan bahwa nutrisi makanan yang diberikan optimal untuk pertumbuhan lalat BSF dewasa (Monita *et al.* 2017). Tahap prepupa hingga lalat BSF dewasa sangat rentan terhadap ancaman predator dan cekaman bahaya dari lingkungan sekitar, seperti banjir, cicak, semut dan tikus (Wardana 2016) Pencegahan yang dilakukan dengan melindungi *biopond* menggunakan jaring kasa guna terhindar dari ancaman predator. Jumlah imago yang sangat padat dengan ukuran *biopond* yang dirasa cukup kecil, menyebabkan imago tidak memiliki ruang pergerakan luas untuk melakukan aktivitas kawin dan dapat menyebabkan stress bagi imago. Faktor tersebut kemungkinan mempengaruhi imago yang kawin dan bertelur.

5. Kesimpulan

Agen biokonversi larva BSF memiliki potensi untuk digunakan sebagai agen biokonversi limbah organik dan kemampuannya sudah mendekati penggunaan EM-4, tetapi belum signifikan pada penurunan susut bobot limbah. Secara umum, penggunaan agen biokonversi (BSF dan EM-4) dapat meningkatkan kualitas kimia kompos dibandingkan tanpa penggunaan agen biokonversi. Penggunaan agen biokonversi (BSF dan EM-4) jika dikombinasikan dengan limbah kulit nanas memiliki kualitas kompos yang mendekati kualitas dari Permentan No. 261 tahun 2019 tetapi perlu perbaikan pada kualitas P-total dan Fe-total.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Bangka Belitung yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Tingkat Fakultas (PDTF) dengan nomor kontrak 199.F/UN50/L/PP/2022 yang diselenggarakan

oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Bangka Belitung.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (Declaration of Conflicting Interests)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Atmaja IKM, Tika IW, Wijaya MAS. 2017. Pengaruh Perbandingan Komposisi Bahan Baku Terhadap Kualitas dan Lama Waktu Pengomposan. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 5 (1): 111-119.
- Augusta TS, Mantuh Y, Setyani, D. 2021. Pemanfaatan Kulit Nenas (Ananas Comosus) sebagai Media Pertumbuhan Maggot (*Hermetia illucens*). *ZIRAA'AH*, 46 (3): 299-305.
- Dormans B, Diener S, Verstappen B, Zurbrugg C. 2017. *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)*. Swiss (CH): Eawag Swiss Federal Institute of aquatic Science and Technology.
- Fatmanintyas I, Ambarningrum TB, Atang A, Haryanto T, Setiyono E. 2022. Performa larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucens*) Sebagai Biokonversi Limbah Industri Pengolahan Carica Dieng di Wonosobo. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 9 (1): 130.
- Fitriansyah H. 2021. *Pengaruh Reduksi Sampah Rumah Tangga Berbasis Program 3r Di Kota Pangkalpinang Menggunakan Pemodelan Sistem Dinamik*. [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Guruh D. 2017. Peran Unit Pelaksana Teknis (Upt) Kebersihan, Pertamanan, dan Pemakaman (KPP) pada Dinas Pekerjaan Umum dalam Pengelolaan Sampah di Kota Sangatta Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Universitas Mulawarman*, 1 (4).
- Indrawan MO, Widana GAB, Oviantari MV. 2016. Analisis Kadar N, P, K dalam Pupuk Kompos Produksi TPA Jagaraga, Buleleng. *Jurnal Wahana Matematika Dan Sains*, 9 (2): 25-31.
- Inonu I, Pratama D, Sari FIP, Suwardih NN. 2020. The effect of application of oil palm empty fruit bunch compost on production and metal uptake of eggplant in tailings of post-tin mining land. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7 (3): 2149 - 2154.

- Jalaluddin ZA, Syafrina R. 2017. Pengolahan Sampah Organik Buah - Buah menjadi Pupuk dengan Menggunakan Effektive Mikroorganisme. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5 (1): 17-29.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan RI. 2018. *Laporan Riskeddas 2018 Provinsi Bangka Belitung*. Jakarta : Riskeddas.
- Khaer A, Budirman, Andini M. 2022. Efektifitas Pemanfaatan Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucens*) dalam Mengolah Sampah Rumah Tangga Menjadi Kompos. *Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*.
- Kinasih I, Suryani Y, Yuliawati A. 2017. *Konversi Limbah Organik oleh Larva Lalat Tentara Hitam (Hermetia Illucens) menjadi Sumber Protein Terbarukan Bagi Produksi Pakan Ternak Organik*. Bandung: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Sunan Gunung Djati. Hal. 116-118.
- Kusumawati PE, Dewi YS, Sunaryanto R. 2020. Pemanfaatan Larva Lalat Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) untuk Pembuatan Pupuk Kompos Padat dan Pupuk Kompos Cair. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*. 1 (1): 1-12.
- Monita L, Sutjahjo SH, Amin AA, Fahmi MR. 2017. Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7 (3): 227-234.
- Nugraha, FA. 2019. Analisis Laju Penguraian dan Hasil Kompos pada Pengolahan Sampah Sayur dengan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*). *Sciences and Technology (GCSST)*, (5): 1-9.
- Nursaid, A. A., Yuriandala Y, Maziya FB. 2019. Analisis Laju Penguraian dan Hasil Kompos pada Pengolahan Sampah Buah dengan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Environmental Engineering*. 1-9.
- Octavia, P., Suprihati, Simanjuntak BH. 2012. Pengujian Berbagai Kombinasi Aktivator Pada Pengomposan Limbah Teh. *Agric*, 24 (1): 91-97.
- Oktavia, E., & Rosariawari, F. 2020. Rancangan Unit Pengembangbiakan *Black Soldier Fly* (Bsf) Sebagai Alternatif Biokonversi Sampah Organik Rumah Tangga. *Enviroous*. 1 (1): 65-74.
- [Permentan] Peraturan Menteri Pertanian No. 261. 2019. *Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembena Tanah*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Saragi ES. 2015. Penentuan Optimal Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik Pasar. 3 (7).
- Siboro ES, Surya E, Herlina N. 2013. Pembuatan Pupuk Cair dan Biogas dari Campuran Limbah Sayuran. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2 (3): 40-43.
- Wardana IW, Fadilah R, Sahid P. 2012. Sampah untuk Energi: Kelayakan Pemanfaatan Limbah Organik dari Kantin di Lingkungan Undip Bagi Produksi Energi dengan Menggunakan Reaktor Biogas Skala Rumah Tangga. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 9 (2): 79-83.
- Wardana, A. H. 2016. Potensi Pemanfaatan Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens* (*Diptera : Sратиomyidae*) untuk Pakan Ternak. *Wartazoa*, 1 (1): 3-32.
- Yarda VRD, T Lestari, D Pratama. 2019. Application of Mulch and Palm Oil Waste as Bioremediation Agents in Post Mining Land [Proceeding]. *International Conference on Green Energy and Environment*. doi:10.1088/1755-1315/353/1/012021