

Pemanfaatan Pepaya sebagai Biostarter dalam Pengomposan Limbah Ikan dan Daun Mangrove Menggunakan Larva *Black Soldier Fly*

Composting Fish and Mangrove Leaf Waste Using Black Soldier Fly Larvae with the Addition of Papaya Biostarter

Mirna Apriani¹, Vivin Setiani^{2*}, Farah Nabilla Thalib³

^{1,2,3} Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Email: vivinsetiani@ppns.ac.id

*Penulis korespondensi: vivinsetiani@ppns.ac.id

Direview: 1 Maret 2023

Diterima: 14 April 2023

ABSTRAK

Limbah ikan yang dihasilkan dari kegiatan industri masyarakat pesisir berpotensi menimbulkan bau busuk dan mencemari lingkungan. Daun mangrove yang berguguran juga menyumbang sampah pada daerah pesisir karena terdapat hutan mangrove. Hal ini dapat mencemari lingkungan sehingga limbah ikan dan daun mangrove dapat diolah melalui metode komposting. Pengomposan dengan larva BSF dapat memberikan manfaat ganda yaitu mengurangi limbah dan menghasilkan feces larva yang dibutuhkan tumbuhan. Limbah buah pepaya yang sudah tidak layak konsumsi dapat dimanfaatkan menjadi Biostarter untuk mempercepat proses dekomposisi. Variabel penelitian adalah penggunaan 200 ml/kg Biostarter buah pepaya. Variasi komposisi 100% daun mangrove, 50% daun mangrove ; 50% limbah ikan, 70% daun mangrove;30% limbah ikan. Kadar air, suhu, pH, C/N, Fosfor dan kalium pada beberapa variasi penelitian ini memenuhi kualitas kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004. Berdasarkan analisis statistik MANOVA, variasi komposisi dan jenis Biostarter berpengaruh terhadap biomassa larva, konsumsi umpan, *waste reduction index*. Berdasarkan kualitas kompos , variasi terbaik pada penelitian ini adalah komposisi bahan kompos limbah ikan 50% dan daun mangrove 50% tanpa penggunaan Biostarter.

Kata Kunci: *black soldier fly larvae, daun mangrove, kompos, limbah ikan, pepaya*

ABSTRACT

Fish waste generated from industrial activities in coastal communities has the potential to cause bad odors and pollute the environment. Falling mangrove leaves also contribute to waste in coastal areas because there are mangrove forests. This can pollute the environment so that fish waste and mangrove leaves can be processed through the composting method. Composting with BSF larvae can provide double benefits, namely reducing waste and producing larval feces that plants need. Papaya fruit waste that is no longer suitable for consumption can be used as a biostarter to speed up the decomposition process. The research variable was the use of 200 ml/kg papaya fruit biostarter. Variation in composition 100% mangrove leaves, 50% mangrove leaves; 50% fish waste, 70% mangrove leaves; 30% fish waste. Moisture content, temperature, pH, C/N, phosphorus, and potassium in several variations of this study met the quality of compost based on SNI 19-7030-2004. Based on MANOVA statistical analysis, variations in composition and type of biostarter influence larval biomass, feed consumption, and waste reduction index. Based on the quality of the compost, the best variation in this study was the composition of 50% fish waste compost and 50% mangrove leaves without the use of a biostarter.

Keywords: *black soldier fly larvae, mangrove leaf, compost, fish waste, papaya*

1. PENDAHULUAN

Perekonomian masyarakat pesisir banyak terbantu oleh produksi hasil olahan perikanan. Tumbuhnya industri pengolahan ikan, mulai skala kecil sampai industri dengan skala besar berasal dari potensi sumber daya ikan yang berlimpah. Bagian ikan yang tidak dapat dimanfaatkan dibuang sebagai limbah yaitu jeroan, sirip, sisik, kepala, dll. Nutrient pada limbah ikan seperti C-organik, Nitrogen, Fosfor, dan Kalium berperan penting dalam penyusunan komponen kompos sehingga dapat dimanfaatkan menjadi kompos (Hapsari, 2015). Daun mangrove pada daerah pesisir juga berpotensi mencemari lingkungan daripada hanya dibuang atau dibakar dapat dimanfaatkan. Hutan mangrove merupakan habitat berbagai organisme pada kawasan pesisir dan memiliki beberapa zona (Yunasfi dkk., 2017). Agar daun mangrove dan limbah ikan tidak mencemari lingkungan terutama ekosistem laut apabila sampai terbuang kelaut maka perlu diolah dengan baik.

Menanggapi kondisi tersebut, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan *Black Soldier Fly* (BSF) pada fase larva. Untuk mengolah limbah ikan dan daun mangrove agar tidak mencemari lingkungan dilakukan pengomposan menggunakan larva BSF. Larva menggunakan sampah sebagai konsumsinya dan menghasilkan kompos adalah manfaat ganda dari pengolahan limbah menggunakan larva BSF. Tidak hanya merombak biomassa limbah organik pengomposan dengan larva BSF juga dapat membantu mengurangi volume dan kadar air bahan kompos. Larva BSF dapat menghilangkan mikroba patogenik, mengurangi bau pada perombakan bahan organik dan mengurangi senyawa yang berpotensi menyebabkan pencemaran pada lingkungan (Sastro, 2016).

Proses pengomposan dapat dipercepat dengan penambahan mikroorganisme pada bahan kompos (Rajeswari dkk., 2018). Mikroorganisme-mikroorganisme yang berguna banyak terdapat di alam untuk pembuatan kompos dapat menggunakan Mikro Organisme Lokal (Hadi, 2019). Mikroorganisme Lokal (Biostarter) merupakan larutan hasil fermentasi yang berbahan dasar dari berbagai sumber daya yang tersedia. Salah satunya bahan Biostarter dapat berasal dari limbah buah, hampir semua buah bisa diolah menjadi Biostarter. Limbah buah agar tidak mencemari lingkungan dapat dimanfaatkan menjadi pupuk kompos maupun aktivator (Salma dkk., 2015). Mikroorganisme seperti berbagai bakteri dan jamur yang berperan dalam proses pengomposan memanfaatkan nutrisi yang terkandung pada limbah buah. Penggunaan pupuk an-organik dapat dikurangi dengan Pemberian pupuk organik dengan aktivator Biostarter buah sehingga dapat memperbaiki kualitas tanah (Budiman, dkk. 2018).

Buah pepaya memiliki tingkat produksi etilen buah pepaya yang cukup tinggi yaitu (10-100 ul etilen/kg/jam). Tingkat produksi etilen maka menandakan buah masa simpan buah, semakin tinggi etilen maka semakin pendek masa simpan (Basuki dkk., 2015). Perkembangbiakan mikroorganisme dipacu oleh kematangan buah yang tidak teratasi. Hal ini menyebabkan perubahan fisik dari buah terutama baunya menjadi tidak sedap sehingga buah pepaya menjadi busuk dan rusak (Syahputriani, 2017). Pepaya dapat dimanfaatkan sebagai mikroorganisme lokal karena komposisi buah pepaya dalam 76 gram mengandung Energi (kalori) 46 g Protein 0,5 g Karbohidrat 12,2 mg Kalsium 23 mg Besi 1,7 mg Fosfor 12 mg Kalium 89 mg (Handayani dkk., 2015). Pada penelitian dilakukan pengomposan daun mangrove *Rhizopora mucronata* dan limbah ikan dengan larva BSF dan penambahan Biostarter buah pepaya. Metode ini dapat mempercepat proses pengomposan daripada pengomposan secara konvensional. Limbah ikan, daun mangrove, dan limbah buah pepaya diharapkan dapat dimanfaatkan, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan baku untuk pengomposan yaitu limbah ikan dan daun mangrove dengan penambahan Biostarter pepaya. Daun mangrove yang dikomposkan berwarna hijau dan sebagian daun ada yang sudah kering. Pengomposan menggunakan *Black Soldier Fly* larva untuk mendekomposisi limbah. Kandungan unsur makro dari bahan yang sudah diketahui digunakan untuk menentukan variasi komposisi dari nilai rasio C/N.

2.1 Variasi Komposisi

Variasi komposisi dari limbah ikan dan daun mangrove ditentukan berdasarkan rasio C/N. Setelah diketahui kandungan unsur makro berdasarkan uji pendahuluan dilakukan perhitungan rasio C/N (Arthawidya dkk., 2017), menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rasio C/N} = \frac{C (1 \text{ kg limbah ikan}) + x C (1 \text{ kg daun mangrove})}{N (1 \text{ kg limbah ikan}) + x N (1 \text{ kg daun mangrove})} \quad (1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai rasio C/N dan variasi komposisi campuran limbah ikan dan daun mangrove untuk penelitian ini. Komposisi dan nilai rasio C/N untuk setiap reaktor dapat dilihat pada Tabel-1.

Tabel-1. Komposisi dan Rasio C/N

Komposisi	Rasio C/N
Daun Mangrove <i>Rhizopora mucronata</i> 100 %	64,40
Daun mangrove <i>Rhizopora mucronata</i> 70 % & Limbah Ikan 30%	19,5
Daun mangrove <i>Rhizopora mucronata</i> 50 % & Limbah Ikan 50%	12,6

Variasi komposisi yaitu daun mangrove 100%, limbah ikan 30% & daun mangrove 70%, limbah ikan 50% & daun mangrove 50%. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh variasi komposisi bahan pada kompos maka terdapat perbedaan komposisi. Pengomposan menggunakan limbah ikan dan daun mangrove dengan bantu larva BSF sebagai pengurai sampah organik, untuk setiap kilogram sampahnya dibutuhkan dua gram larva BSF. Terdapat 6 reaktor untuk mengetahui pengaruh dari Biostarter pepaya sehingga 3 reaktor menggunakan Biostarter dan 3 reaktor tanpa Biostarter, variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2. Variabel Penelitian

Variasi Komposisi Bahan Kompos (% b/b)	Tanpa Biostarter	Biostarter Pepaya
Daun mangrove <i>Rhizopora mucronata</i> 100 %	R1	R4
Daun mangrove <i>Rhizopora mucronata</i> 70 % & Limbah Ikan 30%	R2	R5
Daun mangrove <i>Rhizopora mucronata</i> 50 % & Limbah Ikan 50%	R3	R6

2.2. Pengomposan dan Pengamatan kompos

Rangkaian kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan adalah pelaksanaan penelitian, berikut adalah langkah – langkah pengomposan dan pengamatan pengomposan dalam penelitian ini adalah.

1. Limbah dihaluskan hingga menjadi bentuk *slurry*
2. Larutan Biostarter dari buah pepaya yang telah dibuat dicampurkan ke dalam sampah pada setiap reaktor yang menggunakan Biostarter, dengan dosis 200 mL/kg sesuai komposisi bahan masing-masing reaktor.
3. Limbah diaduk hingga larutan Biostarter tercampur secara merata.
4. Reaktor yang telah berisi limbah ditambahkan larva yang telah berumur 5 hari.
5. Proses pengomposan dilaksanakan selama 21 hari.
6. Dilakukan pemberian bahan kompos ke dalam reaktor setiap 3 hari sekali, serta melakukan pengukuran berat kompos dan larva 3 hari sekali setelah larva.
7. Pengamatan kadar air, suhu, pH selama proses pengomposan (21 hari).
8. Analisis kadar C, N, P dan K pada kompos dan berat larva.

2.3. Nilai konsumsi umpan.

Selama proses pengomposan dilakukan perhitungan jumlah limbah yang dikonsumsi oleh larva dalam bentuk persen yaitu nilai konsumsi umpan (Wahyuni dkk., 2021). Konsumsi umpan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Konsumsi Umpan} = \frac{\text{berat sampah awal} - \text{berat sampah akhir}}{\text{berat sampah awal}} \times 100\% \quad (2)$$

2.4. Biomassa Larva

Hasil dari pengukuran berat larva ditotal dan dibagi dengan jumlah larva yang diukur untuk mencari berat rata-rata larva setiap 3 hari. Pengukuran setiap tiga hari sekali pada tiap reaktor dilakukan terhadap 20 ekor larva. Penambahan berat larva dalam setiap reaktor secara keseluruhan direpresentasikan dengan 20 ekor larva (Diener dkk., 2010). Rumus perhitungan biomassa larva adalah sebagai berikut :

$$\text{Biomassa Larva} = \frac{\text{Massa larva}}{\text{Jumlah larva}} \quad (3)$$

2.5. Waste Reduction Index

Untuk menunjukkan efisiensi larva dalam mereduksi limbah yang diberikan, dan menunjukkan efektivitas waktu untuk mereduksi limbah tersebut maka perlu dihitung nilai WRI (Supriyatna dan Putra, 2017). *Waste reduction index* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100\% \tag{4}$$

$$D = \frac{(W-R)}{W} \tag{5}$$

Keterangan:

- WRI = indeks pengurangan sampah
- W = jumlah total sampah (kg)
- t = total waktu larva memakan sampah (hari)
- R = sisa sampah total setelah waktu tertentu (kg)
- D = penurunan sampah total

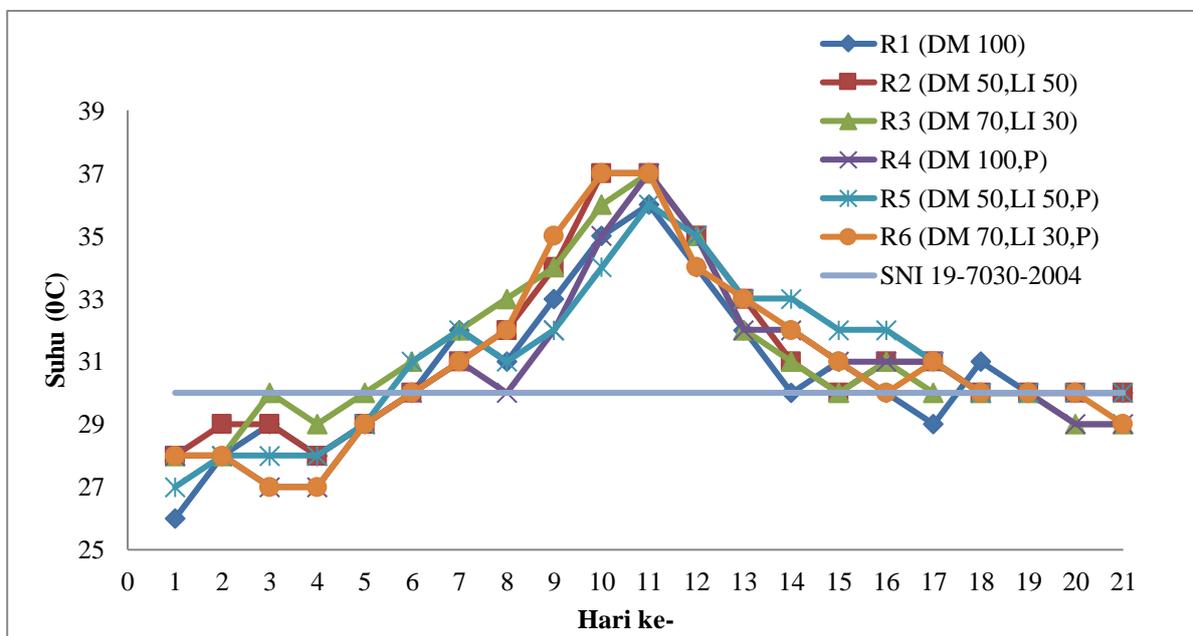
2.6. Analisis Statistik

Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi dan penambahan Biostarter pepaya terhadap biomassa larva, konsumsi umpan, dan WRI. Dilakukan analisis secara statistik menggunakan software SPSS dengan metode MANOVA (*Multivariate Analysis Of Variance*) berdasarkan data yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Suhu

Berdasarkan SNI 19-7030-2004 suhu maksimum untuk kompos yang telah matang yaitu 30°C. Pengukuran suhu menggunakan alat ukur suhu untuk tanah dilakukan setiap hari pada dua titik grafik pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar-1.



Gambar-1. Suhu pengomposan

Keterangan:

- DM = Daun mangrove
- LI = Limbah ikan
- P = Biostarter Pepaya

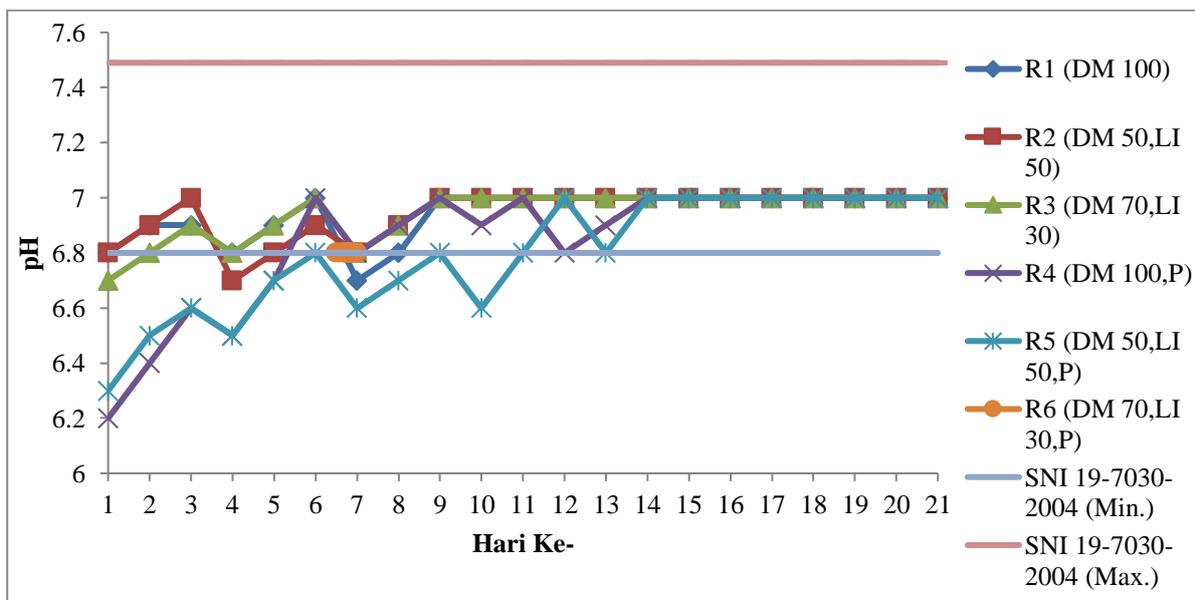
Berdasarkan Gambar-1, suhu mengalami kenaikan pada awal pengomposan hingga hari ke-9. Peningkatan suhu terjadi karena aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan kompos

menghasilkan panas sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan suhu (Widyaningrum dan Lisdiana, 2015). Antara hari ke-10 hingga hari ke-11 mencapai suhu tertinggi hanya 1-2 hari. Hal ini disebabkan panas yang terbentuk tidak bertahan lama pada bahan kompos akibat penguraian yang cepat (Suwatanti dan Widyaningrum, 2017). Hari ke-12 sampai akhir pengomposan suhu mengalami penurunan. Aktivitas mikroorganisme yang menurun menyebabkan penurunan suhu.

Mikroorganisme menggunakan energi yang dikeluarkan bahan organik yang telah tergedasi. Suhu mengalami penurunan karena energi sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas sehingga energi yang terkandung dalam bahan menurun (Herlina, 2014). Pada akhir pengomposan suhu pada semua reaktor sudah memenuhi standar kriteria suhu kompos yaitu antara 29°C - 30°C. Reaktor terbaik adalah R1 karena lebih dahulu memenuhi baku mutu yaitu mencapai suhu 30°C. R1 tidak menggunakan biostarter sehingga kompos lebih cepat kering dan suhu lebih cepat turun. Pada penelitian ini, biostarter ini berfungsi untuk mempercepat proses pengomposan, namun tidak sebagai meningkatkan kualitas kompos.

3.2. pH

Aktivitas larva BSF dalam mendegradasi bahan organik selama proses pengomposan dipengaruhi oleh pH. Larva dapat hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrim sebab larva BSF memiliki rentang toleransi pH yang cukup besar (Suciati dan Faruq, 2017). Grafik pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar-2.



Gambar-2. pH pengomposan

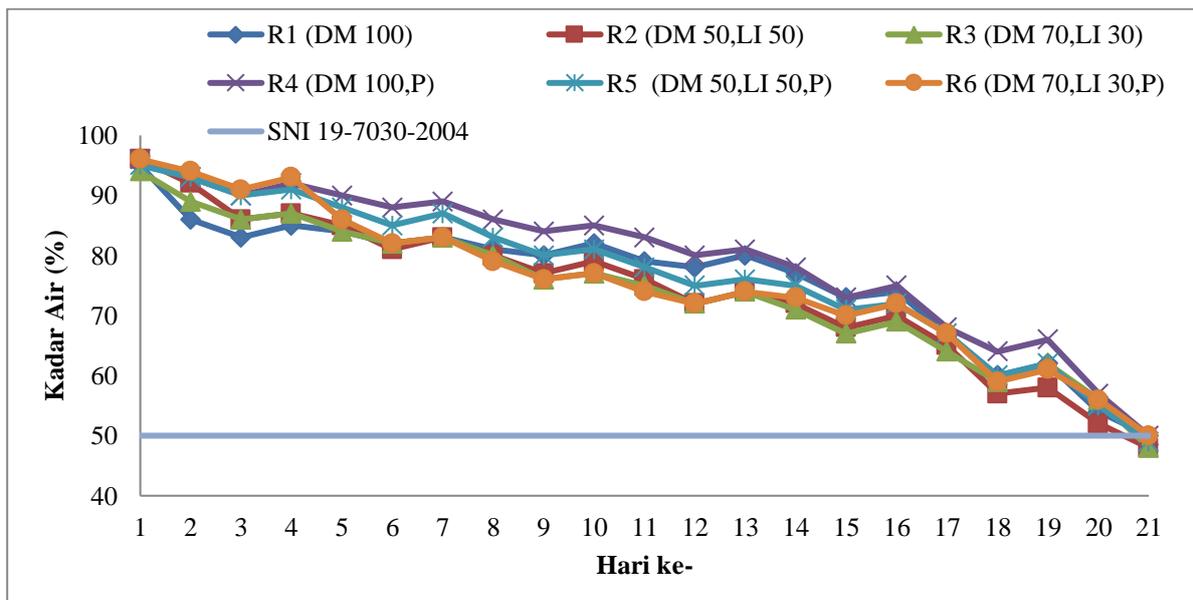
Berdasarkan Gambar 2, karena aktivitas mikroorganisme dan larva BSF diawal pengomposan pH mengalami penurunan. Hari ke-9 untuk reaktor tanpa Biostarter pH kompos mulai stabil, sedangkan untuk reaktor dengan Biostarter buah pepaya stabil pada hari ke-14. Penurunan pH pada awal pengomposan terjadi sebab pelepasan asam pada kompos akibat aktivitas mikroorganisme dalam penguraian bahan kompos. Bahan organik diuraikan menjadi asam organik sederhana kemudian terjadi produksi ammonia dari senyawa yang mengandung nitrogen sehingga dapat meningkatkan pH (Yenie dan Komalasari, 2011). Penambahan Biostarter yang digunakan berasal dari fermentasi buah pepaya memiliki pH yang asam. Pertumbuhan mikroorganisme pada bahan kompos didorong oleh kondisi asam (Ekawandani dkk., 2018).

pH lebih cepat stabil pada reaktor kompos tanpa penambahan Biostarter, karena tidak ada penambahan Biostarter yang membuat pH menjadi semakin asam. Reaktor tanpa penambahan Biostarter maka tumpukan bahan kompos tidak ada penambahan mikroorganisme. Menurut SNI 19-7030-2004 standar nilai pH adalah 6,08 – 7,49 Akhir pengomposan, nilai pH pada semua reaktor adalah 7 atau netral sehingga sudah memenuhi. Reaktor terbaik adalah yang lebih dahulu mencapai pH netral atau nilai pH 7

yaitu R1. Nilai pH netral akan mudah diserap dan digunakan tanaman, serta dapat mengurangi keasaman tanah karena sifat asli tanah yang asam (Astari 2011).

3.3 Kadar Air

Kadar air secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen dalam proses metabolisme mikroorganisme (Widarti dkk., 2015). Menurut SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik kandungan kadar air yaitu maksimal 50%. Pertumbuhan perkembangan larva akan melambat apabila kadar air terlalu rendah dan substrat terlalu kering bagi larva. Residu yang terlalu basah dan lengket akan sulit untuk dipisahkan akibat kadar air yang terlalu tinggi (Jatmiko, 2021). Grafik pengukuran kadar air dapat dilihat pada Gambar-3.



Gambar-3. Kadar air pengomposan

Berdasarkan Gambar 3 kadar air mencapai 94 - 96% pada awal pengomposan. Kadar air terus mengalami penurunan dari awal hingga akhir pengomposan. Kenaikan kadar air terjadi hanya tiga hari sekali pada saat pemberian pakan pada larva BSF tiga hari sekali terjadi kenaikan kadar air. Kadar air mengalami penurunan akibat dari aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan panas dan lingkungan disekitar reaktor. Kompos mengalami penguapan dan kadar air kompos berkurang. Aktivitas ini menghasilkan energi panas sebab aktivitas mikroorganisme dan aktivitas dari larva BSF (Harahap, 2020). Kadar air pada akhir pengomposan untuk seluruh reaktor memiliki kadar air berkisar antara 48% -50% yang artinya sudah memenuhi standar baku mutu. Menurut SNI 19-7030-2004 maksimum kadar air kompos yang sudah matang adalah 50%. Reaktor terbaik adalah R2 karena memiliki kandungan air yang lebih sedikit sebab tidak menggunakan biostarter sehingga kompos lebih cepat kering.

3.4. Parameter Kimia Kompos

Kandungan unsur kimia pada kompos matang yang diuji adalah parameter C-organik, Nitrogen, Fosfor, dan Kalium, Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel-3.

Aktivitas mikroorganisme selama proses pengomposan menyebabkan senyawa organik berkurang dan terjadi pelepasan CO₂. Kadar C-organik kompos yang dihasilkan dipengaruhi oleh pelepasan CO₂ (Pratiwi dkk., 2013). Kandungan parameter C-organik yang paling tinggi adalah R1 yaitu 26%. R1 merupakan reaktor yang berisi 100% daun mangrove tanpa penambahan Biostarter. Kadar C-organik menurut SNI 19-7030 tahun 2004 adalah minimal 9,8 dan maksimal adalah 32. Proses dekomposisi C-organik ditandai dengan penurunan kadar C-organik pada media setelah dibiokonversi oleh larva BSF. Siklus hidup larva BSF melalui proses respirasi dan biosintesis dengan pelepasan gas CO₂ (Sucipto dkk., 2021).

Semakin cepatnya proses dekomposisi dan menghasilkan kadar N-total kompos yang tinggi dipengaruhi oleh kadar nitrogen yang tinggi pada bahan kompos (Atmaja dkk., 2017). Kandungan

parameter kimia nitrogen yang paling tinggi adalah R1 1,5%. R1 merupakan reaktor yang berisi 100% daun mangrove tanpa penambahan Biostarter. Kandungan nitrogen pada kesembilan reaktor sudah memenuhi standar SNI 19-7030-2004 yaitu minimal 0,4. Nitrogen total merupakan unsur hara yang berperan untuk pembentukan sel, jaringan, dan organ tumbuhan (Nur, 2019).

Kualitas dan tingkat kematangan bahan kompos ditandai dengan nilai rasio C/N. Mikroorganisme memecah senyawa karbon organik sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pengomposan membutuhkan karbon organik untuk pemenuhan energi dan pertumbuhan, dan nitrogen untuk pemenuhan protein sebagai zat pembangun sel metabolisme (Ismayana dkk., 2012). Nilai rasio C/N paling tinggi adalah R1 1,5%. R1 merupakan reaktor yang berisi 100% daun mangrove tanpa penambahan Biostarter. Rasio C/N pada kesembilan reaktor sudah memenuhi SNI 19-7030-2004 yaitu minimal 10 dan maksimal 20. Penurunan jumlah karbon yang dipakai sebagai sumber energi mikroba untuk mendekomposisi material organik menyebabkan penurunan nilai rasio C/N pada akhir proses pengomposan (Widarti dkk.,2015).

Tabel-3 Parameter kimia kompos

No.	Sampel	Parameter Kimia Kompos					SNI 19-7030-2004		
		C-Organik (%)	Nitrogen (%)	Rasio C/N	Fosfor (%)	Kalium (%)	Rasio C/N	Fosfor (%)	Kalium (%)
1.	R1 (daun mangrove 100% tanpa biostarter papaya)	27,819	1,555	17,890	0,020	0,910	10-20	0,1	0,2
2.	R2 (daun mangrove 50% dan limbah ikan 50% tanpa biostarter papaya)	14,857	1,310	11,341	0,340	1,025	10-20	0,1	0,2
3.	R3 (daun mangrove 70% dan limbah ikan 30% tanpa biostarter papaya)	21,256	1,480	14,362	0,160	1,005	10-20	0,1	0,2
4.	R4 (daun mangrove 100% dengan biostarter papaya)	10,633	0,680	15,637	0,003	0,960	10-20	0,1	0,2
5.	R5 (daun mangrove 50% dan limbah ikan 50% dengan biostarter papaya)	15,339	1,315	11,665	0,020	0,920	10-20	0,1	0,2
6.	R6 (daun mangrove 70% dan limbah ikan 30% tanpa biostarter papaya)	21,750	1,460	14,897	0,150	0,925	10-20	0,1	0,2

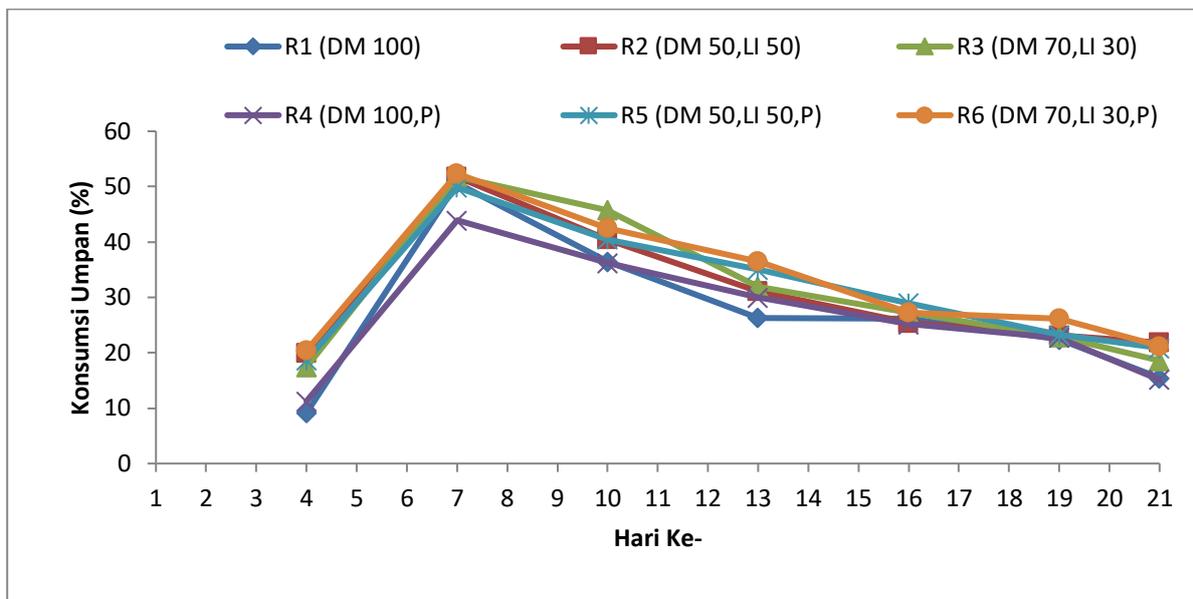
Fosfor merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tumbuhan, karena fosfor bagian penting dari nukleprotein inti sel yang mengendalikan pembelahan dan pertumbuhan sel (Kusumawati dkk., 2020). Kandungan parameter kimia fosfor yang paling tinggi adalah R2 0,34%. R2 adalah reaktor yang berisi 50% daun mangrove dan 50% limbah ikan tanpa penambahan Biostarter. Kandungan fosfor menurut SNI 19-7030-2004 yaitu minimal 0,1. Beberapa reaktor belum memenuhi standar karena penguraian fosfor oleh mikroorganisme kurang optimum. Hal ini juga disebabkan bahan kompos daun mangrove *Rhizophora mucronata* memiliki kandungan fosfor sangat kecil. Daun mangrove *Rhizophora mucronata* memiliki kandungan fosfor 0,025% (Sari, 2017).

Aktivitas mikroorganisme sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium (K₂O) yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai katalisator bahan kompos. Mikroorganisme mengikat dan menyimpan kalium didalam selnya (Hidayati dkk., 2010). Bahan organik sudah memiliki kandungan unsur kalium. Unsur tersebut masih dalam bentuk organik kompleks yang perlu diuraikan melalui pengolahan terlebih dahulu tidak dapat diserap langsung oleh tanaman (Perkasa, 2019). kandungan parameter kimia kalium yang paling tinggi adalah R2 yaitu 1%. Kalium tertinggi pada komposisi daun mangrove 50% dan limbah ikan 50% tanpa penambahan Biostarter. Perbedaan kandungan kalium pada variasi jenis Biostarter dan variasi komposisi tidak terlalu jauh. Kandungan kalium pada kompos dari sembilan variasi reaktor sudah memenuhi standar SNI 19-7030-2004 yaitu minimal 0,2. Parameter kandungan kimia terbaik yaitu pada R2 karena memiliki nilai fosfor dan kalium tertinggi serta memenuhi standar mutu untuk nilai C,N, dan rasio C/N. R2 mengandung limbah ikan yang paling banyak yaitu 50%

sehingga memiliki nutrisi dan protein yang lebih baik. R2 tidak menggunakan biostarter maka keadaan kompos pada reaktor lebih kering.

3.5. Konsumsi Umpan

Larva hingga mencapai fase prepupa adalah tahap efektif larva untuk mendegradasi limbah pada proses pengomposan. Larva dapat mengurangi proses pembusukan sampah dengan mengurangi kadar air sampah melalui konsumsi limbah (Nofiyanti dkk., 2022). Grafik konsumsi umpan dapat dilihat pada Gambar-1 dan Gambar-4.



Gambar-4. Konsumsi umpan

Berdasarkan Gambar-4 persentase konsumsi umpan mencapai tertinggi pada hari ke-7. Fase larva aktif makan pada larva BSF pada umur 7-18 hari. Limbah organik dapat direduksi dengan cepat oleh larva di umur tersebut (Rofi, 2020). Penambahan Biostarter buah pepaya pada bahan kompos dapat menyebabkan nilai konsumsi umpan semakin tinggi. Pemberian Biostarter dapat menyebabkan semakin banyak mikroorganisme semakin cepat proses penguarian sehingga meningkatkan nilai konsumsi umpan. Nilai persentase konsumsi umpan terus mengalami penurunan pada hari ke-10 hingga akhir pengomposan. Semakin banyak pakan yang diberikan kepada larva umpan yang dikonsumsi cenderung menurun. Reaktor terbaik adalah R2 karena memiliki nilai konsumsi umpan tertinggi sebab mengandung limbah ikan yang disukai larva sehingga lebih banyak dikonsumsi dan tidak terlalu basah karena tanpa biostarter. Reaktor campur

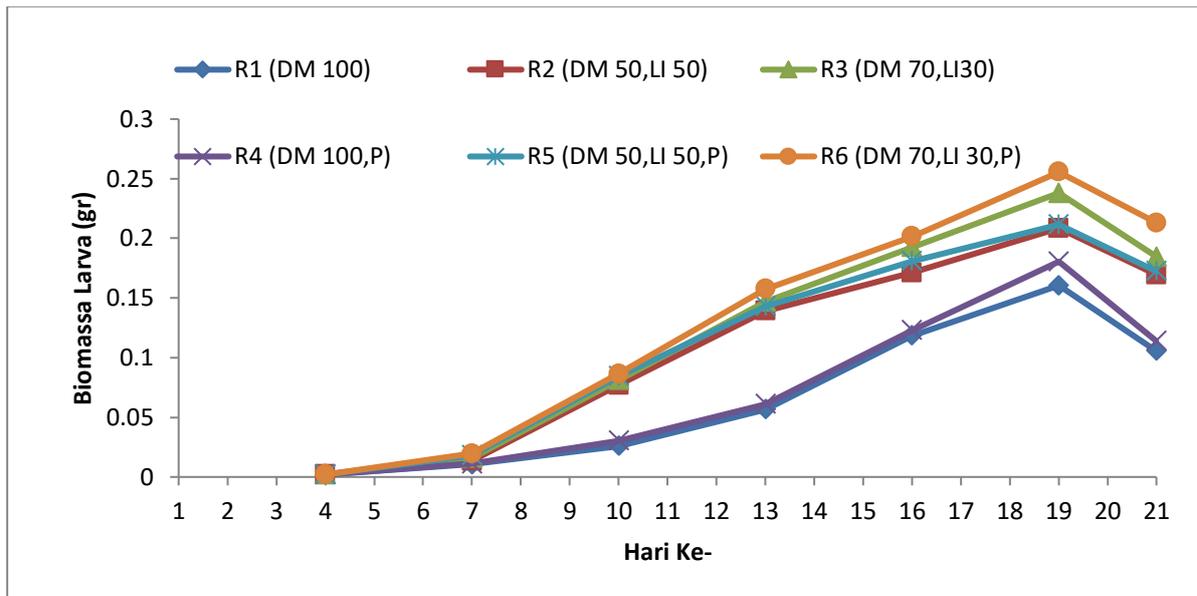
Daun mangrove dan limbah ikan memiliki nilai konsumsi umpan lebih tinggi daripada reaktor dengan komposisi daun mangrove 100%. Tumbuh kembang larva BSF dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pada media. Limbah ikan mengandung protein sehingga reaktor yang menggunakan campuran limbah ikan memiliki nilai konsumsi umpan lebih tinggi. Bobot larva dapat naik dengan cepat karena umpan memiliki kandungan protein dan lemak tinggi (Hakim dkk., 2017).

3.6. Biomassa Larva

Sistem pencernaan pada larva BSF memiliki enzim protease, lipase dan amilase sehingga mampu mengurai bahan organik. Kandungan nutrisi pada pakan yang diberikan akan menyebabkan biomassa larva kandungan nutrisi yang kurang lebih sama (Kim dkk., 2011). Jumlah dan jenis sampah yang diberikan mempengaruhi penambahan berat larva dan panjang larva. Agar proses penguraian limbah lebih maksimal sampah diberikan dalam bentuk *slurry* atau dihaluskan seperti bubur. Penguraian limbah tidak akan berjalan maksimal bila sampah yang diberikan utuh (Fitriyah dan Syahputra, 2016). Grafik pengamatan harian biomassa larva pada Gambar 5.

Gambar-5 menampilkan perbandingan hasil pengukuran biomassa larva berdasarkan variasi komposisi bahan kompos dan penambahan Biostarter Pepaya. Biomassa larva tertinggi pada hari ke-16 dari awal pengomposan biomassa larva terus meningkat. Hal ini disebabkan pada hari ke-7 konsumsi

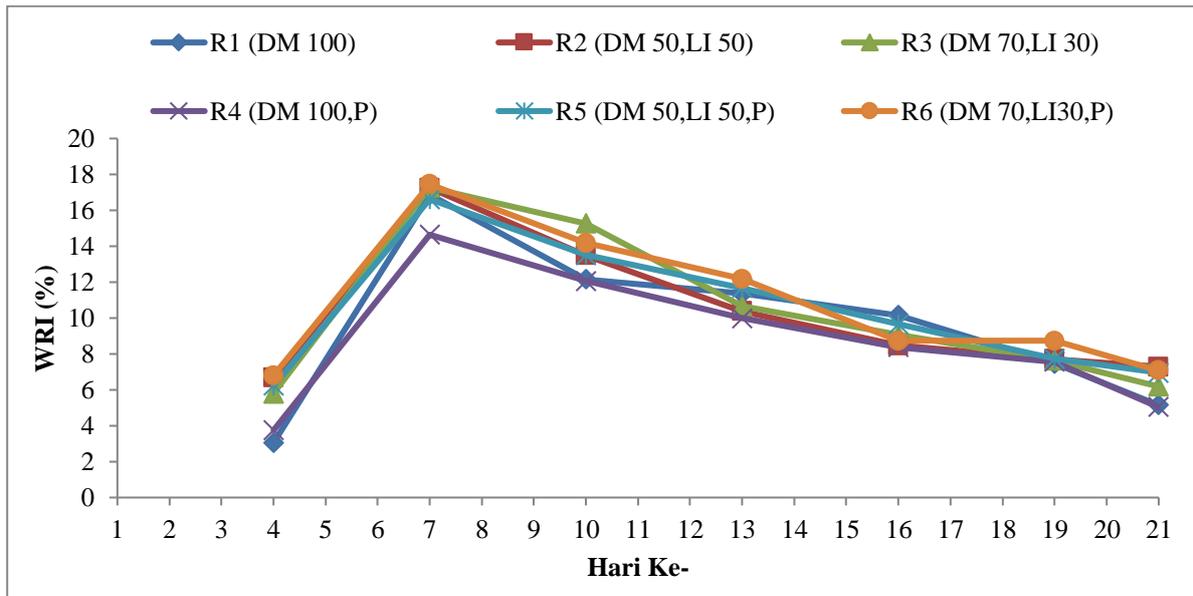
umpan dan WRI mencapai nilai tertinggi sehingga bobot larva mencapai masa tertinggi pada hari ke-16. Setiap harinya bobot larva terus mengalami peningkatan. Seiring dengan bertambahnya jumlah pemberian pakan maka bobot larva akan terus meningkat. Hal ini disebabkan semakin banyak pakan yang diubah menjadi biomassa larva (Nofiyanti dkk.,2022). Biomassa larva BSF terjadi penurunan pada hari ke-19 hingga hari ke-21. Larva memanfaatkan cadangan lemak pada tubuhnya dan mulai mengurangi makanannya sehingga terjadi penurunan. Penurunan berat tubuh terjadi ketika larva berubah menjadi prepupa karena tidak makan lagi dan cadangan lemak tubuhnya digunakan untuk proses metabolisme (Diener, dkk., 2011). Larva BSF pada akhir pengomposan menyimpan cadangan makanan untuk proses metamorfosis menjadi lalat dewasa (Fahmi, 2015). Reaktor terbaik adalah R6 karena memiliki bobot larva terbesar sehingga nilai biomassa larva tinggi.



Gambar-5. Biomassa Larva

3.7. WRI

Kemampuan larva untuk mengurangi substrat makan digambarkan pada WRI (*waste reduction index*). Kemampuan reduksi bahan organik yang lebih besar ditunjukkan dengan nilai WRI yang lebih tinggi. (Jucker dkk., 2020). Indikasi efisiensi larva dalam mereduksi bahan kompos yang diberikan, serta efektivitas waktu yang diperlukan untuk mereduksi substrat dapat dilihat dari nilai WRI (Supriyatna dan Putra, 2017). Kemampuan larva dalam mereduksi umpan yang tinggi dimaknai oleh nilai WRI yang tinggi pula (Hakim dkk., 2017). Grafik pengukuran WRI dapat dilihat pada Gambar-6.



Gambar-6. WRI (*waste reduction index*) pada larva

Gambar-6 adalah gambaran nilai WRI berdasarkan reaktor variasi komposisi bahan kompos. Nilai WRI tertinggi terjadi pada hari ke-7, semakin tinggi efisiensi larva dalam mengolah pakan menjadi biomassa ditandai dengan semakin tingginya nilai WRI (Darnawan dkk., 2017). Nilai WRI setelah hari ke-7 mengalami penurunan hingga akhir pengomposan. Semakin banyak umpan yang diberikan nilai WRI semakin menurun. Hal ini dikarenakan umpan yang terlalu banyak sehingga larva sudah tidak mampu mengkonsumsi umpan yang diberikan. Nilai persentase umpan yang dikonsumsi terhadap total umpan menjadi lebih rendah (Hakim dkk., 2017). Semakin besar nilai WRI maka konsumsi pakan yang diberikan kepada larva BSF semakin banyak karena tingginya nilai WRI berbanding lurus dengan tingkat konsumsi pakan (Rofi, 2020). Tingkat pengurangan sampah pada periode pemberian pakan ditunjukkan oleh indeks pengurangan sampah (*waste reduction index*) (Zahro dkk., 2021). Reaktor terbaik adalah R2 karena lebih banyak mereduksi limbah sebab konsumsi limbah pada larva di R2 lebih banyak. Namun, R2 tanpa penambahan biostarter pepaya menghasilkan kualitas kompos yang belum terpenuhi menurut standar kompos.

3.8. Analisis Statistik

Hasil analisis MANOVA menggunakan software SPSS menunjukkan pengaruh variasi komposisi dan biostarter pepaya terhadap biomassa larva, konsumsi umpan, WRI. Didapatkan hasil nilai (sig.) 0,008 < 0,05 untuk biomassa larva, nilai (sig.) 0,002 < 0,05 untuk konsumsi umpan, nilai (sig.) 0,003 < 0,05 untuk *waste reduction index*. Hal ini menunjukkan bahwa variasi komposisi dan biostarter pepaya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biomassa larva, konsumsi umpan, WRI.

4. KESIMPULAN

Kompos yang dihasilkan dari semua variasi penelitian telah memenuhi kualitas fisik sesuai baku mutu SNI 19-7030-2004. Kompos berwarna hitam, memiliki tekstur tanah, bersuhu tanah, berbau tanah, dan kadar air di bawah 50%. Beberapa kandungan parameter kimia juga menunjukkan kualitas kimia kompos memenuhi standar kualitas. Parameter pH, C/N dan kalium untuk semua variasi penelitian telah memenuhi baku mutu SNI yaitu 7, 10-20 dan minimal 0,2. Namun parameter fosfor, hanya dapat dipenuhi dari bahan kompos yang mengandung limbah ikan baik tanpa dan dengan penambahan biostarter. Bahan kompos tanpa limbah ikan tidak dapat mencapai kualitas minimal sebesar 0,1 baik dengan dan tanpa penambahan biostarter. Penambahan biostarter buah pepaya dan variasi komposisi limbah ikan dan daun mangrove *Rhizopora mucronata* berpengaruh pada biomassa larva, *waste reduction index* dan konsumsi umpan.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan kombinasi sampah yang cocok untuk limbah ikan maupun daun mangrove *Rhizopora mucronata* sehingga mencapai biomassa larva, WRI, konsumsi umpan, dan kandungan fosfor yang lebih optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthawidya Jalu, Sutrisno Endro, Sumiyati. (2017). Analisis Komposisi Terbaik Dari Variasi C/N Rasio Menggunakan Limbah Kulit Buah Pisang, Sayuran Dan Kotoran Sapi Dengan Parameter C-Oranik, N-Total, Phospor, Kalium Dan C/N Rasio Menggunakan Metode Vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6, No. 3. Semarang :Universitas Diponegoro.
- Astari, L.P. (2011). Kualitas Pupuk Kompos Bedding Kuda dengan Menggunakan Aktivator Mikroba yang Berbeda. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Atmaja, M. K., Tika, W., Wijaya, S. A. Md. I. (2017). Pengaruh Perbandingan Komposisi Bahan Baku terhadap Kualitas Kompos dan Lama Waktu Pengomposan. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. Volume 5 Nomor 1. Bali: Universitas Udayana.
- Basuki E.A, Prarudiyanto, Wiliyanto U. (2015). Penyimpanan mangga secara modifikasi atmosfer dengan penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai absorbent. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*. 1(1): 8-14.
- Budiman, Mokodompis Doni, Prasetya Eka. (2018). Efektivitas Mikroorganisme Lokal MoL Limbah Sayuran dan Buah-buahan Sebagai Aktifator Pembuatan Kompos. Palu: Universitas Muhammadiyah Palu.
- Diener, S. (2010). *A Dissertation: Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly, Hermetia illucens*, in Low and Middle-Income Countries. Swiss: ETH Zurich.
- Diener S., Zurbrugg C., Gutierrez R. F., Solano M.S. N., Tockner, K. (2011). Black Soldier Fly Larvae for Organic Waste Treatment - Prospects and Constraints. *Proceedings of the WasteSafe 2 nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries*, 52: 1-8. Berlin : Institute Of Biology.
- Ekawandani Nunik, Anzi Arini, Kusuma. (2018). Pengomposan Sampah Organik (Kubis Dan Kulit Pisang) Dengan Menggunakan EM4. *Bandung : Politeknik TEDC*.
- Fahmi, M.R. (2015). Optimalisasi Proses Biokonversi Dengan Menggunakan Mini-Larva *Hermetia illucens* Untuk Memenuhi Kebutuhan Pakan Ikan. *Proseminas Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Vol. 1 (1) pp. 139-144. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Fitriyah S dan Syaputra E. Maulana. (2016). Black Soldier Fly Bioconversion of Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae Method. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Indramayu : Universitas Wiralodra.
- Hadi, Roni A. (2019). Pemanfaatan MoL (Mikroorganisme Lokal) dari Materi yang Tersedia di Sekitar Lingkungan. *Agroscience*. Vol. 9. No. 1. Bandung: Universitas Winaya Mukti.
- Hakim A. Rahman, Prasetya Agus, dan Himawan T. B. M. Petrus. (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. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Handayani, S.H., Yunus, A. & Susilowati, A. (2015). Uji Kualitas Pupuk Organik Cair dari Berbagai Macam Mikroorganisme Lokal (MOL). *Jurnal El-Vivo*, 3 (1): 54-60.
- Hapsari N, Welasih T. (2015). Pemanfaatan Limbah Ikan Menjadi Pupuk Organik. Surabaya : UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Harahap M. Endah. (2020). Biokonversi Sampah Organik Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucenes*) Studi Kasus Di TPS Pasar Astana Anyar. Bandung: Universitas Pasundan.
- Herlina F. (2014). Bioactivators Effectiveness And Utilization In Bulking Agents Of Water Hyacinth As Compost. Banjarmasin: Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Banjari.
- Hidayati Y. A., Eulis T. M, Tb. Benito A.K., Ellin H. (2010). Pengaruh Campuran Feses Sapi Potong dan Feses Kuda Pada Proses Pengomposan Terhadap Kualitas Kompos. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu* Vol. XIII, No. 6.
- Ismayana A, Indrasti NS, Suprihatin, Maddu A & Fredy A. (2012). Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses cocomposting bagasse dan blotong. *J. Tekn. Industri Pertanian* 22(3): 173-179
- Jatmiko, Fajar T. (2021). Kajian Literatur Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Dalam Pengomposan Sampah Organik. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Jucker C., Lupi D., Moore D. C. Douglas., Leonardi G. M., Savoldelli S. (2019). Nutrient Recapture from Insect Farm Waste: Bioconversion with *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Milan : University of Milan.
- Kim W., Bae S.W., RDA Suwon, Park K.H., Lee S.B. (2011). Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal. of Asia-Pacific EntoBiostaterogy*. 11-14. Suwon : National Academy Of Agricultural Science.
- Kusumawati E. Prisilia, Dewi S. Yusriani, Sunaryanto Rofiq. (2020). Pemanfaatan Larva Lalat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Untuk Pembuatan Pupuk Kompos Padat Dan Pupuk Kompos Cair. *Jurnal TechLINK*. Vol.4 No.1. Jakarta : Universitas Satya Negara Indonesia.
- Nofiyanti E., Laksono T. Bayu, Salman Nurcholis, Wardani A. Gatut, Mellyanawaty Melly. (2022). Efektivitas Larva Black Soldier Fly (*Hermetia Iilucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik Pasar. *Serambi Engineering*, Volume VII, No. 1. Tasikmalaya : Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya.
- Nur, M. (2019). Analisis Potensi Limbah Buahbuahan Sebagai Pupuk Organik Cair. *Prosiding Semi Nasional Teknik Industri*, 28-32. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Perkasa, H. D. (2019). Biokonversi Sampah Organik Menggunakan Larva lalat Tentara Hitam (*Hermetia illuccens*).

- Pratiwi R., Lestari B. Fajar, Widiyanto Donny. (2013). Pemanfaatan Limbah Buah Salak Pondoh Sebagai Substrat Nata De Salacca Melalui Aplikasi Bioteknologi Di Dusun Tegal Domban, Sleman, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Community Engagement* Vol. 01, No. 01. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Rajeswari C, Padmavathy P, Aanand S. (2018). Composting of fish waste: A review. *International Journal of Applied Research* 2018; 4(6): 242-249.
- Rofi, Danny Y., (2020). Teknologi Reduksi Sampah Organik Buah Dan Sayur Dengan Modifikasi Pakan Larva Black Soldier Fly. Surabaya: Universitas Negeri Sunan Ampel.
- Salma, Dewi, Kurniawati. (2015). Antusiasme Petani Membuat Mikroorganisme Lokal (BIOSTATER) Dari Limbah Buah – Buah. Yogyakarta: Dinas Kehutanan dan Perkebunan Jogja.
- Sari, W. (2017). Dekomposisi Serasah Daun *Rhizophora mucronata* Pada Berbagai Tingkat Salinitas Di Kawasan Hutan Mangrove Desa Bagan Percut Kecamatan Percut Sei Tuan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sastro, Yudi. (2016). Teknologi Pengomposan Limbah Organik Kota Menggunakan Black Soldier Fly. *Seri Pertanian Perkotaan*. Jakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik, SNI 1970302004. Badan Standar Nasional Indonesia: Jakarta.
- Suciati Rizkia dan Faruq Hilman. 2017. Efektifitas Media PEertumbuhan Maggots *Hermetia illucens* (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik. *Biosfer, J.Bio. & Pend.Bio.* Vol.2, No.1. Jakarta : Universitas Muhammadiyah.
- Sucipto I. Muhlison W., Purnmasari L. (2021). Biokonversi limbah ampas tahu dan limbah sayur dengan menggunakan agen larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). Jember : Politeknik Negeri Jember.
- 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. chrysosporium*. *Jurnal Biodjati*, 2 (2), Hal 159-166. Bandung : Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Syahputriani, N. (2017). Pengujian Pupuk Organik Cair Limbah Buah Pepaya Pada Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays L.*). Medan : Universitas Medan Area
- Wahyuni, Fadhil C. Rahmad, Sholikha Rohmatius. (2021). Maggot BSF Kualitas Fisik Dan Kimianya. Lamongan : LITBANG PENGEMAS UNISLA.
- Widarti, 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. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Yenie, E., dan Komalasari. (2011). Pembuatan Kompos Dari Sampah Sayuran Parameter Dan Waktu Pembalikan. *Prosiding SNTK TOPI*. Pekanbaru.
- Zahro, Nadiatuz, Prafitasari A. Nanda, Eurika Novy. (2021). Black Soldier Fly Feed Consumption and Waste Reduction Index of Fruit and Vegetable Waste Using Black Soldier Fly Larva. *BIOMA: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember