



## Biokonversi Sampah Organik Pasar Karombasan Menggunakan Larva *Black Soldier Fly* (BSF) Ramah Lingkungan

Eljireh Gumolung<sup>#a</sup>, Steeva G. Rondonuwu<sup>#b</sup>, Isri R. Mangangka<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>eljirehgumolung432@gmail.com, <sup>b</sup>steeva\_rondonuwu@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>isri.mangangka@unsrat.ac.id

### Abstrak

Peningkatan timbulan sampah organik di pasar tradisional menjadi tantangan dalam pengelolaan lingkungan karena sebagian besar limbah masih ditangani melalui sistem kumpul–angkut–buang menuju tempat pemrosesan akhir. Pendekatan tersebut berpotensi meningkatkan pencemaran lingkungan serta mempercepat penumpukan sampah. Salah satu alternatif pengelolaan yang berkembang adalah biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) yang mampu mengubah limbah organik menjadi biomassa dan frass yang bernilai ekonomis. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas larva BSF dalam mereduksi sampah organik Pasar Karombasan Kota Manado sekaligus mengidentifikasi potensi pemanfaatan hasil biokonversi. Penelitian dilakukan selama 14 hari menggunakan empat unit biopond dengan media sampah organik campuran yang berasal dari aktivitas pasar dan rumah tangga. Parameter yang diamati meliputi reduksi berat sampah, pertumbuhan biomassa larva, dan produksi frass. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva BSF mampu mereduksi sampah organik sebesar 3,7 kg atau 27,2% dari total berat awal. Biomassa larva meningkat hingga 820 g dengan efisiensi biomassa sebesar 6,03%, sedangkan frass yang dihasilkan mencapai 1.540 g atau 11,32% dari total bahan organik yang diolah. Material yang belum terdegradasi didominasi komponen organik bertekstur keras seperti tulang ikan dan kulit buah tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan biokonversi menggunakan larva BSF berpotensi menjadi alternatif pengelolaan sampah organik yang ramah lingkungan karena mampu menurunkan jumlah sampah sekaligus menghasilkan produk sampingan yang memiliki nilai ekonomi dan dapat mendukung konsep ekonomi sirkular pada pengelolaan sampah pasar.

*Kata kunci: biokonversi, Black Soldier Fly, sampah organik, biomassa larva, frass*

### 1. Pendahuluan

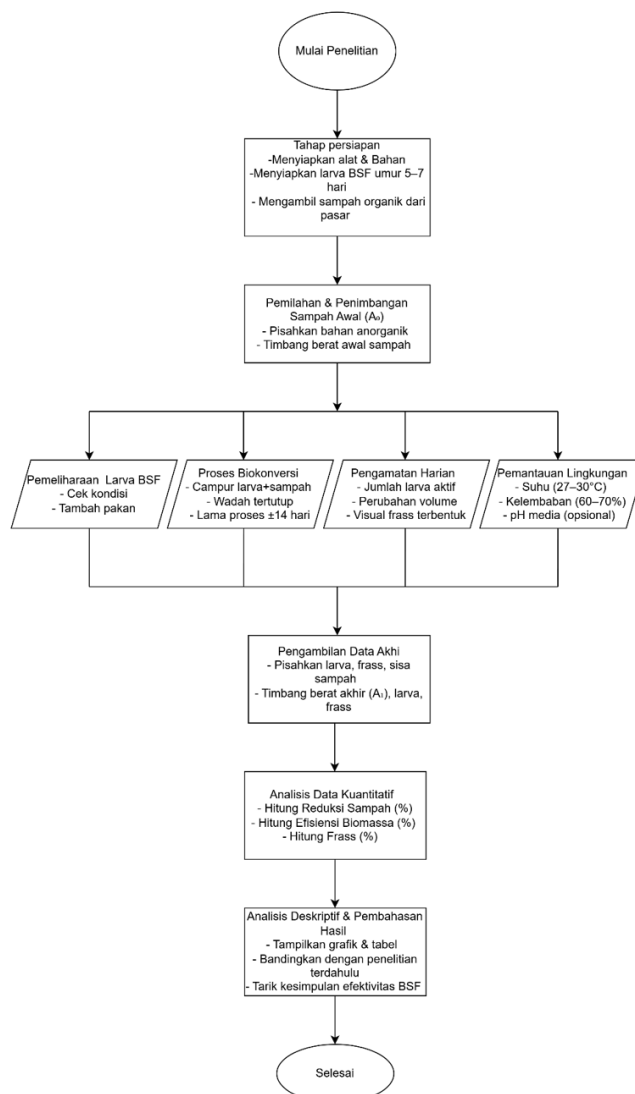
Sampah organik masih mendominasi komposisi timbulan sampah di Indonesia, terutama yang berasal dari rumah tangga dan pasar tradisional. Aktivitas perdagangan sayuran, buah-buahan, ikan, dan bahan pangan menghasilkan limbah organik dalam jumlah besar setiap hari. Apabila tidak dikelola secara tepat, limbah tersebut akan mengalami pembusukan sehingga menghasilkan bau, lindi, serta emisi gas rumah kaca yang berdampak terhadap kualitas lingkungan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penerapan teknologi pengolahan yang mampu mengurangi timbulan sampah langsung dari sumbernya.

Pasar Karombasan merupakan salah satu pusat perdagangan utama di Kota Manado yang menghasilkan limbah organik dalam jumlah cukup besar. Sistem pengelolaan yang masih didominasi pola pengangkutan menuju tempat pemrosesan akhir menyebabkan potensi pemanfaatan sampah organik belum optimal. Di sisi lain, kebijakan nasional mengenai pengelolaan sampah menekankan pentingnya pengurangan sampah melalui prinsip *reduce*, *reuse*, dan *recycle* serta pemanfaatan kembali limbah sebagai sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang mudah diterapkan, efisien, dan mampu memberikan manfaat lingkungan maupun ekonomi.

Biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) merupakan salah satu metode biologis yang berkembang pesat dalam pengelolaan sampah organik. Larva BSF memiliki kemampuan mengonsumsi berbagai jenis limbah organik dengan laju dekomposisi yang relatif cepat. Selain mengurangi massa sampah, proses ini menghasilkan biomassa larva yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan berprotein tinggi serta menghasilkan frass yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Karakteristik tersebut menjadikan teknologi BSF sesuai dengan konsep ekonomi sirkular karena limbah diubah menjadi produk yang memiliki nilai tambah.

Berbagai penelitian sebelumnya telah melaporkan keberhasilan larva BSF dalam mengolah limbah organik rumah tangga maupun limbah pasar. Namun demikian, efektivitas proses biokonversi dipengaruhi oleh karakteristik bahan organik, komposisi media, kepadatan larva, serta kondisi lingkungan selama pemeliharaan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap penerapan teknologi BSF pada kondisi nyata di Pasar Karombasan menjadi penting untuk mengetahui tingkat reduksi sampah, pertumbuhan biomassa, serta potensi produk samping yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas larva BSF dalam mereduksi sampah organik Pasar Karombasan Kota Manado melalui pengamatan terhadap penurunan berat sampah, pertumbuhan biomassa larva, dan produksi frass selama proses biokonversi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem pengelolaan sampah organik yang lebih berkelanjutan pada pasar tradisional.



**Gambar 1.** Alur Analisis

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk mengevaluasi kemampuan larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) dalam melakukan biokonversi sampah organik. Sampel sampah organik diperoleh dari Pasar Karombasan, Kota Manado, kemudian diproses pada unit penelitian yang dilaksanakan selama 14 hari. Sampah yang digunakan merupakan campuran limbah organik pasar dan limbah rumah tangga dengan berat awal 13,6 kg yang terdiri atas sisa sayuran, buah-buahan, sisa makanan, kulit labu, kulit nanas, dan tulang ikan. Larva BSF yang digunakan memiliki biomassa awal sebanyak 100 gram dan dipelihara dalam empat unit biopond berukuran 45 cm × 35 cm × 15 cm.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakteristik Sampah Organik

Berdasarkan karakteristik fisiknya, sampah yang digunakan memiliki tingkat kemudahan degradasi yang berbeda. Sayuran, buah-buahan, dan sisa makanan termasuk bahan organik yang memiliki kadar air tinggi dan jaringan lunak sehingga lebih mudah dikonsumsi oleh larva BSF. Sebaliknya, kulit nanas dan tulang ikan memiliki struktur yang lebih keras sehingga membutuhkan waktu penguraian yang lebih lama. Perbedaan karakteristik tersebut diperkirakan memengaruhi tingkat reduksi sampah yang diperoleh selama proses biokonversi.

### 3.2 Hasil Reduksi Sampah Organik oleh Larva BSF

Pada penelitian ini, proses biokonversi dilakukan menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) selama 14 hari terhadap sampah organik yang berasal dari Pasar Karombasan dan limbah rumah tangga. Sampah organik yang digunakan memiliki berat awal sebesar 13,6 kg dan terdiri atas sisa sayuran, buah-buahan, sisa makanan, kulit labu, kulit nanas, serta tulang ikan. Selama proses penelitian dilakukan pengamatan terhadap perubahan berat sampah organik, pertumbuhan biomassa larva, dan produksi frass sebagai indikator keberhasilan proses biokonversi.

**Tabel 1.** Hasil Pengurangan Berat Sampah Organik

| Keterangan                      | Berat (kg) |
|---------------------------------|------------|
| Berat awal sampah organik       | 13,6       |
| Sampah organik terurai          | 3,7        |
| Sisa sampah tidak terurai       | 2,0        |
| Sampah dalam proses biokonversi | 7,9        |

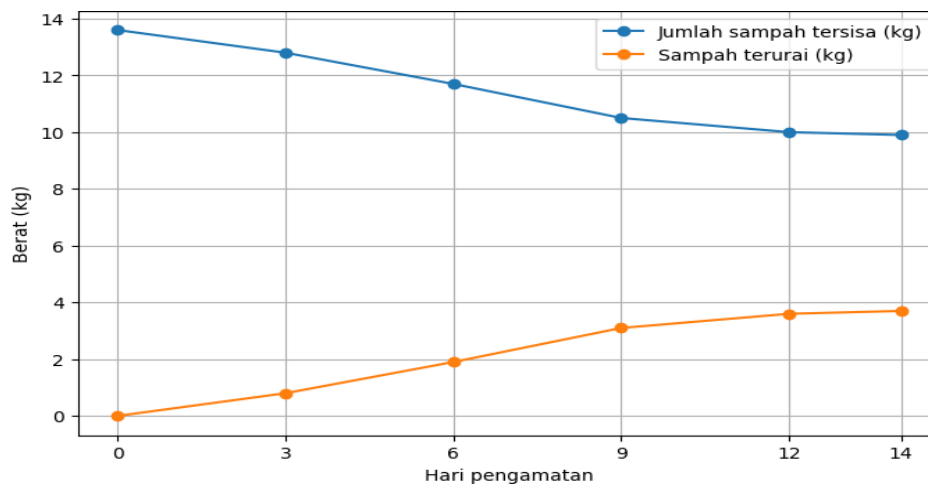
Sumber: Hasil Analisa (2026)

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, reduksi sampah organik yang diperoleh menunjukkan bahwa proses biokonversi telah berlangsung, meskipun belum seluruh sampah organik dapat dikonversi dalam waktu 14 hari. Persentase reduksi sebesar 27,2% mengindikasikan bahwa sebagian bahan organik berhasil dimanfaatkan oleh larva sebagai sumber nutrisi, sedangkan sebagian lainnya masih memerlukan waktu dekomposisi yang lebih lama. Selain karakteristik bahan organik, lama penelitian selama 14 hari juga diduga memengaruhi besarnya reduksi sampah yang diperoleh. Pada kondisi tertentu, proses biokonversi masih dapat berlangsung apabila waktu pemeliharaan diperpanjang sehingga larva memiliki kesempatan untuk mengonsumsi bahan organik yang tersisa.

**Tabel 2.** Hasil Pengamatan Reduksi Sampah Organik Selama 14 Hari

| Hari Pengamatan | Berat Sampah Tersisa (kg) | Sampah Terurai (kg) |
|-----------------|---------------------------|---------------------|
| Hari ke-0       | 13,6                      | 0                   |
| Hari ke-3       | 12,8                      | 0,8                 |
| Hari ke-6       | 11,7                      | 1,9                 |
| Hari ke-9       | 10,5                      | 3,1                 |
| Hari ke-12      | 10,0                      | 3,6                 |
| Hari ke-14      | 9,9                       | 3,7                 |

Sumber: Hasil Analisa (2026)

**Gambar 2.** Kurva Perubahan Sampah Selama Pengamatan

### 3.3 Perhitungan Reduksi Sampah Organik

Untuk mengetahui persentase reduksi sampah organik oleh larva BSF digunakan rumus sebagai berikut:

Rumus:

$$\text{Reduksi Sampah (\%)} = \left( \frac{\text{Berat Sampah Terurai}}{\text{Berat Sampah Awal}} \right) \times 100\%$$

Diketahui:

- Berat awal sampah organik = 13,6 kg
- Berat sampah organik terurai = 3,7 kg

Penyelesaian:

$$\text{Reduksi Sampah (\%)} = (3,7 \div 13,6) \times 100\%$$

$$\text{Reduksi Sampah (\%)} = 27,2\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase reduksi sampah organik sebesar 27,2%. Hal ini menunjukkan bahwa larva BSF mampu mengurai sebagian sampah organik selama masa penelitian.

### 3.4 Perhitungan Sisa Sampah Organik Yang Tidak Terurai

Pertumbuhan biomassa larva merupakan salah satu indikator utama keberhasilan proses biokonversi sampah organik. Selama penelitian berlangsung, larva BSF memanfaatkan bahan organik sebagai sumber nutrisi untuk memenuhi kebutuhan energi, mempertahankan aktivitas metabolisme, dan meningkatkan massa tubuhnya. Oleh karena itu, peningkatan biomassa larva mencerminkan bahwa sebagian bahan organik yang dikonsumsi telah berhasil dikonversi menjadi jaringan tubuh larva.

Berdasarkan hasil pengamatan, biomassa larva mengalami peningkatan dari 100 gram pada awal penelitian menjadi 820 gram pada hari ke-14. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa larva mampu memanfaatkan sampah organik sebagai sumber pakan selama proses biokonversi. Data pertumbuhan biomassa larva disajikan pada Tabel

Rumus:

Sampah Dalam Proses Biokonversi = Berat Awal – Sampah Terurai – Sampah Tidak Terurai  
Diketahui:

- Berat awal sampah organik = 13,6 kg
- Berat sampah organik terurai = 3,7 kg
- Berat sampah tidak terurai = 2 kg

Penyelesaian:

Sampah Dalam Proses Biokonversi = 13,6 – 3,7 – 2

Sampah Dalam Proses Biokonversi = 7,9 kg

Kesimpulan:

Jumlah sampah yang masih berada dalam proses biokonversi sebesar 7,9 kg.

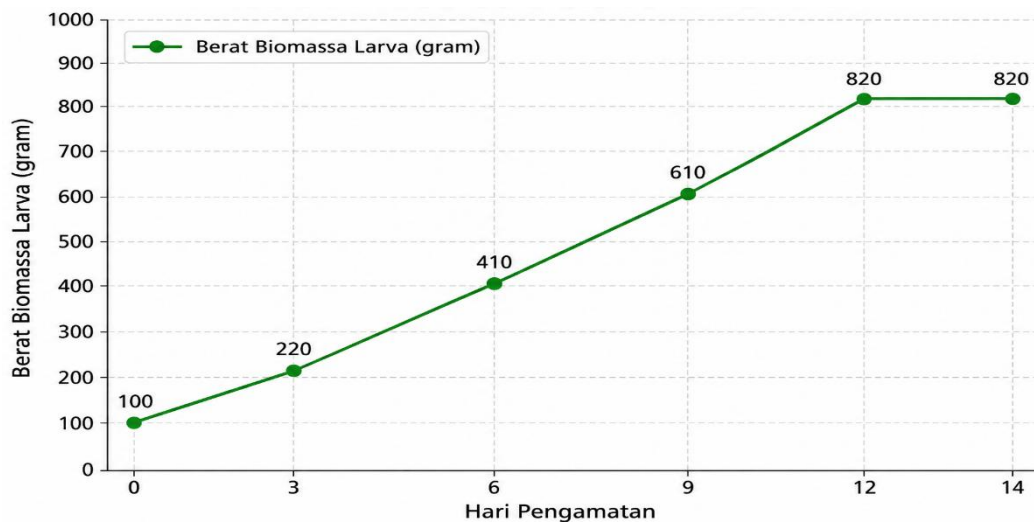
### 3.5 Pertumbuhan Biomassa Larva BSF

Pertumbuhan biomassa larva diamati selama proses penelitian untuk mengetahui kemampuan larva BSF dalam mengubah sampah organik menjadi biomassa tubuh.

**Tabel 3.** Hasil Pertumbuhan Biomassa Larva BSF

| Hasil Pengamatan | Berat Biomassa Larva (gram) |
|------------------|-----------------------------|
| Hari ke-0        | 100                         |
| Hari ke-3        | 220                         |
| Hari ke-6        | 410                         |
| Hari ke-9        | 610                         |
| Hari ke-12       | 820                         |
| Hari ke-14       | 820                         |

Sumber: Hasil Analisa (2026)



**Gambar 3.** Kurva Pertumbuhan Biomassa Larva BSF

- Perhitungan Efisiensi Biomassa Larva BSF

Rumus:

$$\text{Efisiensi Biomassa (\%)} = \left( \frac{\text{Berat Biomassa Larva}}{\text{Berat Sampah Organik}} \right) \times 100\%$$

Diketahui:

- Berat biomassa larva = 820 gram
- Berat sampah organik = 13.600 gram

Penyelesaian:

$$\text{Efisiensi Biomassa (\%)} = (820 / 13.600) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Biomassa (\%)} = 6,03\%$$

Larva BSF mampu mengubah sebagian sampah organik menjadi biomassa tubuh sebesar 6,03%.

Berdasarkan Tabel 3. dan kurva pada Gambar 3, hasil pengamatan menunjukkan adanya perubahan pada parameter yang diamati selama proses biokonversi menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Data pada tabel memberikan informasi kuantitatif mengenai hasil pengamatan pada setiap waktu pengamatan, sedangkan kurva memperlihatkan kecenderungan perubahan yang terjadi secara visual.

Kurva pada Gambar 3 menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi berlangsung secara bertahap selama masa pemeliharaan. Pada awal penelitian perubahan masih relatif kecil karena larva masih berada pada tahap adaptasi terhadap media pakan. Setelah memasuki fase pertumbuhan aktif, laju perubahan meningkat seiring bertambahnya kemampuan larva dalam mengonsumsi bahan organik sebagai sumber nutrisi.

Data pada Tabel 3 juga memperlihatkan bahwa hasil pengamatan mengalami peningkatan hingga mendekati akhir masa penelitian, kemudian laju perubahan mulai melambat. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar bahan organik yang mudah terurai telah dimanfaatkan oleh larva, sedangkan bahan organik yang tersisa memiliki tekstur lebih keras atau kandungan serat yang lebih tinggi sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk mengalami proses dekomposisi.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Lalander et al. (2019) yang menyatakan bahwa efisiensi biokonversi dipengaruhi oleh karakteristik bahan organik, umur larva, serta kondisi lingkungan selama pemeliharaan. Selain itu, Gold et al. (2022) menjelaskan bahwa larva BSF memiliki kemampuan konsumsi yang tinggi pada fase pertumbuhan, sehingga laju biokonversi umumnya meningkat pada pertengahan siklus pemeliharaan sebelum akhirnya menurun ketika larva memasuki fase prapupa.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 3 dan kurva pada Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa proses biokonversi berlangsung dengan baik selama penelitian. Pola perubahan yang ditampilkan menunjukkan bahwa larva BSF mampu memanfaatkan sampah organik sebagai sumber nutrisi secara efektif.

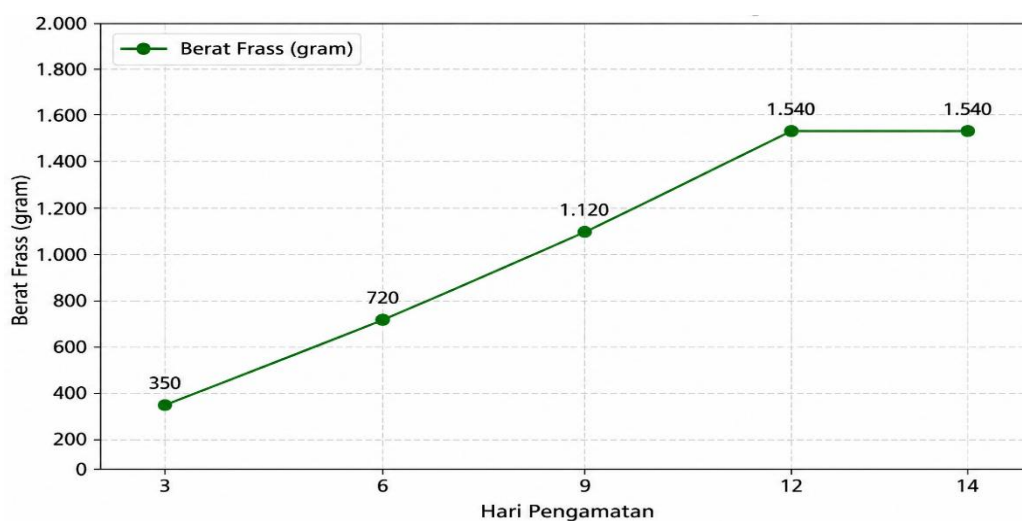
#### - Produksi Frass

Frass merupakan residu hasil metabolisme larva BSF selama proses biokonversi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

**Tabel 4.** Produksi Frass Selama Penelitian

| Hari Pengamatan | Berat Frass (gram) |
|-----------------|--------------------|
| Hari ke-3       | 350                |
| Hari ke-6       | 720                |
| Hari ke-9       | 1.120              |
| Hari ke-12      | 1.540              |
| Hari ke-14      | 1.540              |

Sumber: Hasil Analisa (2026)



**Gambar 4.** Kurva Produksi Frass Selama Pengamatan

- Perhitungan Persentase Produksi Frass

Rumus:

$$\text{Frass (\%)} = (\text{Berat Frass} / \text{Berat Sampah Organik}) \times 100\%$$

Diketahui:

- Berat frass = 1.540 gram

- Berat sampah organik = 13.600 gram

Penyelesaian:

$$\text{Frass (\%)} = (1.540 / 13.600) \times 100\%$$

$$\text{Frass (\%)} = 11,32\%$$

Persentase frass yang dihasilkan sebesar 11,32%, yang menunjukkan residu metabolisme larva BSF berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik alternatif.

### 3.6 Data Akhir Penelitian

- Berat sampah awal = 13,6 kg
- Sampah terurai = 3,7 kg
- Sisa tidak terurai = 2 kg
- Masih dalam proses biokonversi = 7,9 kg
- Biomassa larva = 820 gram (0,82 kg)
- Frass = 1.540 gram (1,54 kg)

1. Persentase Sampah Terurai

Rumus:

$$3,7 \div 13,6 \times 100\%$$

$$\text{Hasil} = 27,2\%$$

2. Persentase Sampah Tidak Terurai

Rumus:

$$2 \div 13,6 \times 100\%$$

$$\text{Hasil} = 14,7\%$$

3. Persentase Biomassa Larva

Rumus:

$$0,82 \div 13,6 \times 100\%$$

$$\text{Hasil} = 6,03\%$$

4. Persentase Frass

Rumus:

$$1,54 \div 13,6 \times 100\%$$

$$\text{Hasil} = 11,32\%$$

**Tabel 5.** Presentase Keseluruhan Hasil Penelitian

| Komponen Hasil     | Berat   | Persentase (%) |
|--------------------|---------|----------------|
| Sampah terurai     | 3,7 kg  | 27,2%          |
| Sisa tidak terurai | 2 kg    | 14,7%          |
| Biomassa larva     | 0,82 kg | 6,03%          |
| Frass              | 1,54 kg | 11,32%         |

Sumber: Hasil Analisa (2026)

### Total Persentase Hasil yang Tercatat

$$27,2 + 14,7 + 6,03 + 11,32 = 59,25\%$$

Berdasarkan hasil penelitian, total hasil yang berhasil teridentifikasi dari proses biokonversi adalah sebesar 59,25% dari total sampah organik awal. Persentase tersebut terdiri dari sampah terurai sebesar 27,2%, sisa tidak terurai sebesar 14,7%, biomassa larva sebesar 6,03%, dan frass sebesar 11,32%.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses biokonversi menggunakan larva mampu memberikan kontribusi dalam mengurangi jumlah sampah organik melalui mekanisme biodegradasi. Selama proses berlangsung, larva memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi dan nutrisi untuk pertumbuhan, sehingga sebagian massa sampah mengalami perubahan

menjadi biomassa larva dan frass.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan larva Black Soldier Fly (BSF) dalam biokonversi sampah organik di Pasar Karombasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik sampah organik yang digunakan dalam penelitian terdiri atas campuran sisa sayuran, buah-buahan, sisa makanan, kulit labu, kulit nanas, dan tulang ikan. Perbedaan karakteristik fisik bahan organik memengaruhi tingkat degradasi selama proses biokonversi. Sampah dengan tekstur lunak lebih mudah dikonsumsi larva dibandingkan bahan organik yang memiliki struktur keras sehingga tidak seluruh sampah dapat terurai dalam waktu penelitian selama 14 hari.
2. Larva Black Soldier Fly (BSF) memiliki kemampuan dalam proses biokonversi sampah organik pasar, yang ditunjukkan dengan terjadinya pengurangan berat sampah dari 13,6 kg menjadi 9,9 kg selama 14 hari pengamatan. Jumlah sampah organik yang terurai mencapai 3,7 kg atau sebesar 27,2% dari berat awal sampah organik. Selain itu, biomassa larva mengalami peningkatan dari 100 gram menjadi 820 gram, dengan efisiensi biomassa sebesar 6,03%.
3. Proses biokonversi menghasilkan produk sampingan berupa biomassa larva dan frass (residu) yang berpotensi dimanfaatkan sebagai solusi ramah lingkungan dan bernilai ekonomi. Biomassa larva berpotensi dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan frass yang dihasilkan sebesar 1,54 kg atau 11,32% berpotensi digunakan sebagai pupuk organik.

#### Referensi

- Anggraeni, N. F. D., Hilal, N., & Purnomo, B. C. (2024). Pengaruh penambahan limbah cair industri tempe pada proses reduksi sampah organik menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF). *Buletin Keslingmas*, 43(2), 1–8. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Semarang.
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.020>
- Bernstad, A., & la Cour Jansen, J. (2012). Review of comparative life cycle assessments of food waste management systems—Current status and potential improvements. *Waste Management*, 32(12), 2439–2455. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.023>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2011). Conversion of organic material by *Black Soldier Fly* larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 29(9), 894–900. <https://doi.org/10.1177/0734242X14137771>
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2011). Using *Black Soldier Fly* larvae for organic waste reduction and bioconversion in developing countries. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9078-1>
- Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., & Doyle, M. P. (2004). Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection*, 67(4), 685–690. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.685>
- Fitriyah, S., & Syaputra, E. M. (2021). Biokonversi sampah organik dengan metode larva *Black Soldier Fly*. *Afiasi: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(3), 151–158.
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrugg, C., & Mathys, A. (2022). Biowaste treatment with *Black Soldier Fly* larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, 102, 319–329.
- Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S. L., & Tomberlin, J. K. (2016). Influence of temperature on black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) development. *Environmental Entomology*, 45(3), 757–765. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw017>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2023). *Statistik pengelolaan sampah nasional 2023*. KLHK.



- Lalander, C., Diener, S., Magri, M. E., Zurbrügg, C., Lindström, A., & Vinnerås, B. (2013). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*)—From a hygiene aspect. *Science of the Total Environment*, 458–460, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.033>
- Manaf, L. A., Samah, M. A. A., & Zukki, N. I. M. (2009). Sustainable solid waste management in Malaysia: An overview. *Waste Management*, 29(11), 2902–2906. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.030>
- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens* L.) larvae to recycle organic waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 536–542. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>
- Paritosh, K., Kushwaha, S. K., Yadav, M., Pareek, N., Chawade, A., & Vivekanand, V. (2017). Food waste to energy: An overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed Research International*, 2017, Article 2370927. <https://doi.org/10.1155/2017/2370927>