

Analisis Kondisi Kelembaban dan Suhu Optimum untuk Pertumbuhan Maggot dalam Proses Penguraian Sampah Organik

Analysis of Optimum Humidity and Temperature Conditions for Maggot Growth in the Organic Waste Decomposition Process

Mawan Eko Defriatno^{1*}, Dwi Nur Rikhmasari², Muhammad Syaifudin Aswan³

^{1,2,3} Universitas PGRI Argopuro Jember, Jember, Indonesia

Email: ¹mawan.ekodefriatno@gmail.com, ²rikhmasari.dnrs@gmail.com, ³aswan.chely@gmail.com

Article history: Received 20-01-2025, Accepted 28-01-2025, Published 29-01-2025

Abstrak

Pengelolaan sampah organik merupakan tantangan penting dalam pengelolaan limbah domestik, terutama di Indonesia, di mana lebih dari 50% sampah terdiri dari limbah organik yang sering kali tidak terkelola dengan baik. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penggunaan maggot Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam penguraian sampah organik. Keberhasilan proses ini sangat bergantung pada faktor lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban, yang dapat memengaruhi laju pertumbuhan dan efisiensi penguraian maggot. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan maggot dan penguraian sampah organik. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan perlakuan kelembaban (60%, 70%, 80%) dan suhu (25°C, 30°C, 35°C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi suhu 30°C dan kelembaban 80% menghasilkan bobot total maggot tertinggi (1,2 g) dan volume sampah terurai tertinggi (60,2%). Hasil analisis ANOVA dua arah menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban memiliki pengaruh signifikan terhadap kedua parameter tersebut, dengan interaksi antara suhu dan kelembaban yang juga berpengaruh. Penelitian ini memberikan rekomendasi bahwa kondisi optimal untuk pertumbuhan maggot dan penguraian sampah organik adalah suhu 30°C dan kelembaban 80%, yang dapat digunakan untuk pengelolaan sampah organik yang lebih efisien di lingkungan tropis.

Kata kunci: Kelembaban; Maggot; Sampah organik; Suhu

Abstract :

*Organic waste management is a significant challenge in domestic waste management, particularly in Indonesia, where more than 50% of waste consists of organic materials that are often not properly managed. One promising solution is the use of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) maggots in organic waste decomposition. The success of this process largely depends on environmental factors, especially temperature and humidity, which can influence the growth rate and efficiency of decomposition by the maggots. This study aims to analyze the effects of temperature and humidity on maggot growth and organic waste decomposition. The research method used is an experiment with a Completely Randomized Design (CRD), with humidity treatments (60%, 70%, 80%) and temperature treatments (25°C, 30°C, 35°C). The results show that a combination of 30°C and 80% humidity produced the highest maggot weight (1.2 g) and the highest waste volume decomposition (60.2%). Two-way ANOVA analysis indicated that both temperature and humidity had a significant effect on these two parameters, with an interaction between temperature and humidity also playing a role. This study recommends that the optimal conditions for maggot growth and organic waste decomposition are 30°C and 80% humidity, which can be used for more efficient organic waste management in tropical environments.*

Keywords: Humidity; Maggot; Organic waste; Temperature

1. Pendahuluan

Pengelolaan sampah organik menjadi salah satu tantangan utama dalam upaya pengelolaan limbah domestik dan perkotaan. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), lebih dari 50% dari total timbunan sampah di Indonesia terdiri atas limbah organik yang sebagian besar berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) [1]. Sampah organik yang tidak dikelola dengan baik berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana serta menciptakan masalah kesehatan dan pencemaran lingkungan [2]. Oleh karena itu, diperlukan solusi pengelolaan yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk menangani masalah ini. Salah satu pendekatan inovatif yang saat ini mulai populer adalah pemanfaatan maggot larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*), yang memiliki kemampuan menguraikan sampah organik dengan cepat dan menghasilkan residu bernilai tinggi seperti kompos dan protein pakan [3]

Efektivitas maggot dalam menguraikan sampah organik sangat bergantung pada parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban. Namun, variasi iklim tropis di Indonesia menghadirkan tantangan dalam menentukan kondisi optimum untuk pertumbuhan maggot secara konsisten. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa suhu berkisar antara 25–35°C dan kelembaban relatif antara 60–70% mendukung pertumbuhan optimal maggot [4]. Akan tetapi, masih terdapat kesenjangan informasi terkait bagaimana variasi kedua parameter tersebut memengaruhi laju penguraian sampah di lingkungan tropis, khususnya dalam skala kecil dan komunitas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan maggot dalam proses penguraian sampah organik. Secara khusus, penelitian ini akan mengidentifikasi kondisi suhu dan kelembaban optimum yang dapat memaksimalkan laju pertumbuhan dan efisiensi penguraian oleh maggot. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada pengelolaan limbah organik yang lebih efisien di lingkungan tropis.

Pertumbuhan dan metabolisme maggot dipengaruhi oleh faktor lingkungan eksternal seperti suhu dan kelembaban. Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat aktivitas metabolisme, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres termal dan kematian maggot [5]. Kelembaban juga berperan penting karena lingkungan yang terlalu kering dapat menyebabkan dehidrasi larva, sedangkan kelembaban yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan pertumbuhan mikroba patogen. Prinsip ekologi menunjukkan bahwa organisme seperti maggot memiliki kisaran toleransi lingkungan tertentu yang optimal untuk aktivitas biologisnya [6].

Hipotesis utama dalam penelitian ini adalah bahwa terdapat kisaran suhu dan kelembaban tertentu yang mempengaruhi laju pertumbuhan dan efisiensi penguraian sampah organik oleh maggot secara maksimal. Secara lebih spesifik, suhu antara 28–32°C dan kelembaban relatif antara 65–75% diprediksi menjadi kondisi optimum untuk pertumbuhan maggot.

Penelitian ini memiliki relevansi praktis dalam mendukung pengelolaan limbah organik skala komunitas di Indonesia. Dengan memberikan panduan kondisi lingkungan yang optimal, penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat, pengusaha pengelolaan limbah, dan pembuat kebijakan dalam mengimplementasikan teknologi berbasis maggot. Selain itu, hasil penelitian ini berpotensi memberikan alternatif solusi terhadap permasalahan limbah organik yang lebih berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

a) Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan, yaitu kelembaban (%RH) dan suhu (°C). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kelembaban dan suhu terhadap pertumbuhan maggot dan volume sampah organik yang terurai.

b) Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 7 hari untuk setiap perlakuan, dengan total durasi penelitian selama 3 minggu. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Argopuro Jember.

c) Prosedur Penelitian

1. Persiapan Media dan Sampah Organik

- Sampah organik homogen berupa campuran sayur dan buah busuk disiapkan sebagai media penguraian.
- Sampah organik dipotong kecil-kecil untuk memastikan homogenitas media.

2. Perlakuan Eksperimen

- Faktor kelembaban yang digunakan adalah 60%, 70%, dan 80%.
- Faktor suhu yang digunakan adalah 25°C, 30°C, dan 35°C.
- Setiap kombinasi kelembaban dan suhu diberikan kepada maggot yang ditempatkan pada wadah eksperimen.

3. Pengaturan Kondisi

- Kelembaban diatur menggunakan alat humidifier dan hygrometer.
- Suhu diatur menggunakan inkubator yang dilengkapi pengontrol suhu.

4. Pelaksanaan Eksperimen

- Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.
- Setiap wadah diisi dengan media sampah organik sebanyak 500 gram dan populasi maggot yang sama.
- Wadah ditutup dengan kain kasa untuk mencegah gangguan eksternal.

5. Pengamatan

- Bobot maggot (g) diukur setelah 7 hari menggunakan timbangan digital.
- Volume sampah organik yang terurai (%) dihitung dengan membandingkan berat awal dan akhir media sampah organik.

d) Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

1. Data yang Dikumpulkan:

- Bobot maggot (g) setelah 7 hari.
- Volume sampah organik yang terurai (%).

2. Instrumen:

- Timbangan digital untuk mengukur bobot maggot.
- Hygrometer untuk mengukur kelembaban.
- Termometer digital untuk mengukur suhu.
- Alat humidifier dan inkubator untuk pengaturan kondisi lingkungan.

3. Teknik Pengumpulan Data:

- Data bobot maggot diperoleh dengan menimbang langsung setelah periode pengamatan.
- Data volume sampah organik yang terurai dihitung menggunakan formula:

$$\text{Volume Terurai} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

e) Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan ANOVA dua arah untuk mengetahui pengaruh faktor kelembaban dan suhu terhadap bobot maggot dan volume sampah organik yang terurai. Jika ditemukan perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji *post hoc Tukey* untuk mengidentifikasi perbedaan antar perlakuan. Semua analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistic (SPSS).

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Maggot memiliki kemampuan luar biasa dalam menguraikan sampah organik sekaligus menghasilkan produk sampingan bernilai ekonomis, seperti pupuk organik dan sumber protein bagi pakan ternak. Namun, keberhasilan proses penguraian ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti kelembaban dan suhu. Kondisi lingkungan yang optimal menjadi kunci untuk mendukung pertumbuhan *maggot* secara efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kelembaban dan suhu yang paling sesuai bagi pertumbuhan *maggot* selama proses penguraian sampah organik, sehingga dapat memberikan rekomendasi praktis untuk pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan. Hasil penelitian pengaruh suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan *maggot* dan efektifitas penguraian sampah organik tersaji dalam tabel 1.

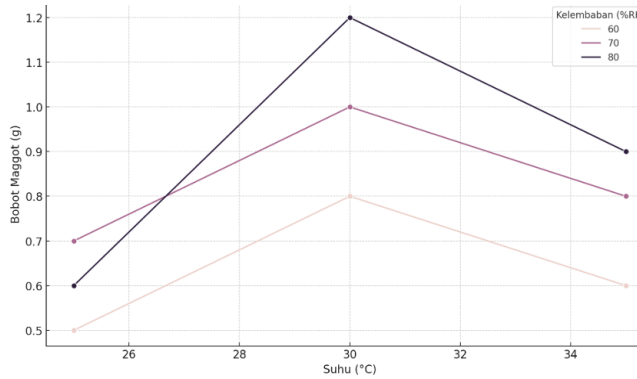
Table 1. Rekap hasil penelitian

Kelembaban (%RH)	Suhu (°C)	Bobot Rata-rata Maggot (g)	Volume Rata-rata Sampah Terurai (%)
60	25	0.5	45.3
60	30	0.8	50.5
60	35	0.6	48.2
70	25	0.7	50.2
70	30	1	55.1
70	35	0.8	53
80	25	0.6	47.8
80	30	1.2	60.2
80	35	0.9	56.7

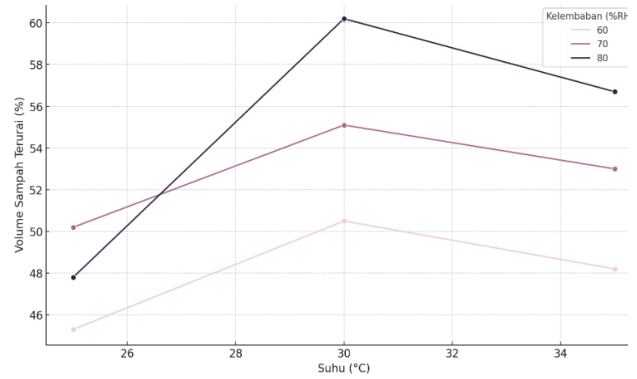
Grafik pertama menunjukkan hubungan antara suhu dan kelembaban terhadap bobot *maggot* yang dihasilkan. Secara umum, kenaikan suhu hingga 30°C pada semua tingkat kelembaban meningkatkan bobot *maggot*. Namun, pada suhu 35°C, bobot *maggot* cenderung menurun. Tingkat kelembaban 80% menghasilkan bobot *maggot* tertinggi (1.2 g) pada suhu 30°C, yang menunjukkan kondisi optimal untuk pertumbuhan *maggot* dalam penelitian ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban berperan signifikan dalam pertumbuhan *maggot Black Soldier Fly (BSF)*. Peningkatan suhu hingga 30°C pada berbagai tingkat kelembaban meningkatkan bobot *maggot*, dengan kelembaban 80% menghasilkan bobot tertinggi (1,2 g) pada suhu tersebut. Namun, pada suhu 35°C, bobot *maggot* cenderung menurun. Temuan ini sejalan dengan literatur yang ada.

Menurut [7], produksi dan laju pertumbuhan *maggot* dipengaruhi oleh suhu media budidaya. Larva dan pupa *H. illucens* yang dibudidayakan pada suhu 27°C berkembang lebih lambat dibandingkan pada suhu 30°C, sementara pada suhu 36°C hampir tidak ada pupa yang bertahan hidup. Kelembaban juga memainkan peran penting. Kelembaban media antara 60% hingga 90% dianggap optimal untuk pertumbuhan *maggot*, karena memudahkan larva mencerna pakan. Dengan demikian, kondisi optimal untuk pertumbuhan *maggot* dalam penelitian ini, yaitu suhu 30°C dan kelembaban 80%, konsisten dengan literatur yang ada. Suhu di atas 30°C, seperti 35°C, dapat menyebabkan penurunan bobot *maggot*, kemungkinan karena stres termal yang menghambat pertumbuhan.



Gambar 1. Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap bobot maggot



Gambar 2. Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap volume sampah terurai

Grafik kedua menunjukkan volume sampah terurai meningkat seiring dengan kenaikan suhu hingga 30°C dan menurun pada suhu 35°C untuk semua tingkat kelembaban. Kelembaban 80% pada suhu 30°C menghasilkan volume sampah terurai tertinggi sebesar 60.2%, menegaskan bahwa kombinasi ini paling efektif dalam proses penguraian sampah organik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume sampah terurai meningkat seiring dengan kenaikan suhu hingga 30°C dan menurun pada suhu 35°C untuk semua tingkat kelembaban. Kelembaban 80% pada suhu 30°C menghasilkan volume sampah terurai tertinggi sebesar 60,2%, menegaskan bahwa kombinasi ini paling efektif dalam proses penguraian sampah organik. Temuan ini sejalan dengan literatur terbaru yang menekankan pentingnya kondisi suhu dan kelembaban optimal dalam pertumbuhan maggot dan efisiensi penguraian sampah organik.

Budidaya maggot membutuhkan kondisi lingkungan dengan suhu antara 27°C - 36°C dan kelembaban pakan antara 60% - 90% [8]. Suhu optimal dalam pemeliharaan maggot adalah 30°C, di mana pada suhu ini, pertumbuhan maggot lebih cepat dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah, seperti 27°C. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian yang menunjukkan peningkatan volume sampah terurai hingga suhu 30°C.

Selain itu, kelembaban media pertumbuhan maggot harus dijaga antara 60% - 90% untuk memastikan pertumbuhan yang optimal. Kelembaban yang terlalu rendah dapat menghambat aktivitas maggot dalam menguraikan sampah organik, sementara kelembaban yang optimal, seperti 80% pada suhu 30°C, dapat meningkatkan efisiensi penguraian. Hal ini tercermin dalam temuan penelitian di mana kombinasi suhu 30°C dan kelembaban 80% menghasilkan volume sampah terurai tertinggi. Namun, pada suhu 35°C, volume sampah terurai menurun untuk semua tingkat kelembaban. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan maggot meninggalkan sumber makanannya untuk mencari lokasi yang lebih sejuk, sehingga mengurangi konsumsi dan pertumbuhan mereka. Oleh karena itu, menjaga suhu media dalam kisaran optimal sangat penting untuk memastikan efisiensi penguraian sampah organik oleh maggot [8].

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi suhu 30°C dan kelembaban 80% merupakan kondisi optimal untuk pertumbuhan maggot dan penguraian sampah organik. Menjaga kondisi lingkungan dalam kisaran ini dapat meningkatkan efisiensi proses penguraian, yang sejalan dengan literatur ilmiah terbaru dalam bidang ini.

Hasil ANOVA dua arah

a. Bobot Maggot

Efek Kelembaban (%RH): Hasil ANOVA menunjukkan bahwa kelembaban berpengaruh signifikan terhadap bobot maggot (p -value < 0.05). Kelembaban yang lebih tinggi cenderung meningkatkan bobot maggot, dengan bobot tertinggi pada kelembaban 80% dan suhu 30°C (1.2 g). Efek Suhu (°C): Suhu juga

memiliki pengaruh signifikan terhadap bobot maggot (p -value < 0.05). Suhu optimum ditemukan pada 30°C , di mana bobot maggot mencapai nilai tertinggi. Interaksi Kelembaban dan Suhu: Interaksi antara kelembaban dan suhu juga signifikan (p -value < 0.05). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh kelembaban terhadap bobot maggot bervariasi tergantung pada suhu lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelembaban berpengaruh signifikan terhadap bobot maggot, dengan bobot tertinggi pada kelembaban 80% dan suhu 30°C . Kondisi ini konsisten dengan studi oleh [9] yang menyatakan bahwa kelembaban lingkungan sangat penting untuk mendukung metabolisme larva, terutama pada spesies *Hermetia illucens*. Tingkat kelembaban yang optimal memfasilitasi proses osmoregulasi, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi pakan dan akumulasi biomassa maggot.

Suhu optimal 30°C yang ditemukan dalam penelitian ini sejalan dengan temuan [10], yang mengidentifikasi bahwa suhu antara 28 – 32°C merupakan rentang terbaik untuk pertumbuhan *Hermetia illucens*. Pada suhu ini, aktivitas enzimatis dalam tubuh maggot meningkat, mendukung pencernaan sampah organik yang efisien dan akumulasi biomassa. Sebaliknya, suhu di luar rentang ini cenderung memperlambat aktivitas metabolisme larva, seperti yang dijelaskan oleh [5].

Signifikansi interaksi kelembaban dan suhu dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kedua faktor lingkungan tersebut saling mempengaruhi. Menurut studi [11], kombinasi suhu optimal dan kelembaban tinggi dapat menciptakan iklim mikro ideal untuk larva, mendukung aktivitas makan dan metabolisme. Pada kondisi sub-optimal, salah satu faktor ini dapat membatasi efisiensi pertumbuhan maggot.

b. Volume Sampah Terurai

Efek Kelembaban (%RH): Kelembaban memiliki pengaruh signifikan terhadap volume sampah terurai (p -value < 0.05). Volume sampah terurai tertinggi ditemukan pada kelembaban 80%. Efek Suhu ($^{\circ}\text{C}$): Suhu juga memberikan pengaruh signifikan (p -value < 0.05). Suhu optimum untuk penguraian adalah 30°C . Interaksi Kelembaban dan Suhu: Interaksi kelembaban dan suhu signifikan (p -value < 0.05). Kombinasi kelembaban 80% dan suhu 30°C menghasilkan penguraian sampah tertinggi (60.2%).

Volume sampah terurai tertinggi ditemukan pada kelembaban 80%. Studi oleh [12] mengungkapkan bahwa kelembaban yang lebih tinggi mendukung dekomposisi sampah organik karena larva memerlukan kelembaban untuk mempermudah proses konsumsi dan degradasi sampah. Namun, kelembaban yang terlalu tinggi ($>85\%$) dapat menciptakan lingkungan anaerob yang kurang mendukung dekomposisi, seperti yang diungkapkan oleh [13].

Suhu 30°C juga ditemukan optimal untuk penguraian sampah, hasil yang konsisten dengan penelitian oleh [14]. Mereka menemukan bahwa pada suhu optimal, aktivitas larva *Hermetia illucens* dalam mencerna sampah meningkat, menghasilkan tingkat dekomposisi yang lebih tinggi. Suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi dapat memperlambat aktivitas larva, yang berujung pada penurunan efisiensi penguraian.

Kombinasi kelembaban 80% dan suhu 30°C menghasilkan volume sampah terurai tertinggi (60.2%). Studi oleh [15] mendukung hasil ini, menunjukkan bahwa kondisi iklim mikro optimal meningkatkan aktivitas bakteri simbiosis yang bekerja bersama larva dalam proses penguraian sampah organik. Simbiosis ini menjadi lebih efisien ketika kelembaban dan suhu berada dalam rentang optimal.

Hasil uji *Post Hoc* Tukey

Untuk parameter bobot maggot dan volume sampah terurai, dilakukan uji Tukey untuk mengidentifikasi kelompok yang berbeda secara signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot maggot pada kelembaban 80% dengan suhu 30°C (1,2 g) berbeda secara signifikan dibandingkan dengan kondisi lainnya. Selain itu, bobot maggot pada kelembaban 70% dengan suhu yang sama (1 g) juga lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan kelembaban 60%. Sementara itu, pada aspek volume sampah yang terurai, kondisi kelembaban 80% dengan suhu 30°C (60,2%) memiliki perbedaan signifikan dibandingkan

dengan kondisi lainnya. Hasil signifikan juga ditemukan pada kelembaban 70% dengan suhu 30°C (55,1%) dan kelembaban 80% pada suhu 35°C (56,7%) jika dibandingkan dengan kelembaban 60%.

Hasil uji Tukey memperkuat temuan bahwa kelembaban 80% pada suhu 30°C secara signifikan menghasilkan bobot maggot dan volume sampah terurai tertinggi dibandingkan kondisi lainnya. Temuan ini didukung oleh [12], yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan optimal secara signifikan meningkatkan efisiensi metabolisme larva dibandingkan kondisi sub-optimal.

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi kelembaban dan suhu optimum yang mendukung pertumbuhan maggot (*Hermetia illucens*) dalam proses penguraian sampah organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan maggot dan efisiensi penguraian sampah organik, baik secara individu maupun interaksi keduanya.

Kondisi suhu optimum untuk pertumbuhan maggot ditemukan pada 30°C. Pada suhu ini, bobot maggot mencapai nilai tertinggi sebesar 1,2 g, terutama pada kelembaban 80%. Selain itu, kelembaban media yang optimum adalah 80%, yang tidak hanya mendukung pertumbuhan maggot tetapi juga menghasilkan volume sampah terurai tertinggi sebesar 60,2%. Kombinasi suhu 30°C dan kelembaban 80% menghasilkan kondisi terbaik untuk mendukung aktivitas metabolisme maggot, meningkatkan efisiensi penguraian, dan menghasilkan biomassa maggot secara maksimal.

Hasil analisis statistik ANOVA dua arah menunjukkan bahwa suhu, kelembaban, dan interaksi keduanya memberikan pengaruh signifikan terhadap bobot maggot dan volume sampah terurai (p -value < 0,05). Hal ini menegaskan pentingnya pengelolaan faktor lingkungan untuk meningkatkan efisiensi sistem pengelolaan limbah berbasis maggot.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mendukung pengelolaan limbah organik yang lebih efisien di lingkungan tropis. Dengan memastikan kondisi lingkungan pada suhu 30°C dan kelembaban 80%, pengelolaan limbah organik berbasis maggot dapat menjadi solusi yang berkelanjutan, ekonomis, dan ramah lingkungan. Temuan ini relevan bagi masyarakat, pengusaha pengelolaan limbah, dan pembuat kebijakan yang ingin mengimplementasikan teknologi berbasis maggot dalam skala komunitas maupun komersial.

Daftar Pustaka

- [1] D. M. Andriansyah, R. P. Puspitasari, F. F. Muhsoni, and M. Zainuri, "Studi Timbulan Sampah dan Persepsi Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah di Desa Wringinanom, Kecamatan Wringinanom, Gresik," *Environ. Pollut. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 399–408, 2023, doi: 10.58954/epj.v2i2.57.
- [2] M. E. Defriatno, "Studi Karakteristik dan Potensi Daur Ulang Sampah di Bantaran Sungai Desa Sukorejo, Kecamatan Bangsalsari, Kabupaten Jember," vol. 01, no. 02, pp. 16–25, 2023.
- [3] H. Cičková, L. Newton, R. Lacy, and M. Kozanek, "The use of fly larvae for organic waste treatment," *Waste Manag.*, vol. 35, Oct. 2014, doi: 10.1016/j.wasman.2014.09.026.
- [4] M. Meneguz *et al.*, "Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: Rearing substrate effects on performance and nutritional composition of black soldier fly," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 98, May 2018, doi: 10.1002/jsfa.9127.
- [5] L. Opare, S. Holm, and T. Esperk, "Temperature-modified density effects in the black soldier fly: low larval density leads to large size, short development time and high fat content," *J. Insects as Food Feed*, Jan. 2022, doi: 10.3920/JIFF2021.0147.
- [6] G. W. Odum, E. P., & Barrett, *Fundamentals of Ecology*. Brooks/Cole, 2005.

- [7] I. Novianto, M. Hudha, and A. Octora Pristisahida, "Implementasi IoT pada Monitoring Suhu dan Kelembaban Media Budidaya Maggot Berbasis Wemos D1 Mini," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 9, pp. 3115–3126, 2022.
- [8] G. Ayu, H. Amini, and A. Rohayat, "Pengaruh Media Berbasis Limbah Organik terhadap Pertumbuhan Maggot (*Hermetia illucens*)," *J. Life Sci. J. Pendidik. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 5, no. 1, pp. 25–31, 2023, doi: 10.31980/jls.v5i1.2677.
- [9] M. Zhou, Y., Zheng, L., & He, "Black Soldier Fly Larvae: A Sustainable Solution for Organic Waste Recycling.," *Waste Manag.*, vol. 118, pp. 174–182, 2021.
- [10] I. Kinasih, R. Putra, A. Permana, F. Gusmara, M. Nurhadi, and R. Anitasari, "Growth Performance of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Fed on Some Plant Based Organic Wastes," *HAYATI J. Biosci.*, vol. 25, pp. 79–84, Apr. 2018, doi: 10.4308/hjb.25.2.79.
- [11] B. Pastor, Y. Velásquez, P. Gobbi, and S. Rojo, "Conversion of organic wastes into fly larval biomass: Bottlenecks and challenges," *J. Insects as Food Feed*, Sep. 2015, doi: 10.3920/JIFF2014.0024.
- [12] D. Novianti, "Review: Kondisi Lingkungan Ideal untuk Budi Daya Black Soldier Fly (BSF)," *Cakrawala*, vol. 17, no. 2, pp. 195–206, 2023, doi: 10.32781/cakrawala.v17i2.575.
- [13] R. Rahmawati and R. Rahayu, "Organic Waste Bioconversion Technology Using Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* Linnaeus , 1758)," *Int. J. Progress. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 1, pp. 280–284, 2022.
- [14] D. Sarpong *et al.*, "Biodegradation by composting of municipal organic solid waste into organic fertilizer using the black soldier fly (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) larvae," *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, vol. 8, May 2019, doi: 10.1007/s40093-019-0268-4.
- [15] N. Kartini, P. Wiguna, and A. Fudholi, "Analysis of Organic Waste Decomposition and Quality of Organic Fertilizer Using Earth Worms and Black Soldier Fly (BSF)," *Int. J. Des. Nat. Ecodynamics*, vol. 18, pp. 465–471, Apr. 2023, doi: 10.18280/ijdne.180226.