TUGAS AKHIR

ANALISIS PARAMETER FISIK HASIL BIODEGRADASI SAMPAH MASKER MEDIS SEKALI PAKAI MENGGUNAKAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

ANDYANI ANANDA PUTRI
19513115

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2023

TUGAS AKHIR

ANALISIS PARAMETER FISIK HASIL BIODEGRADASI SAMPAH MASKER MEDIS SEKALI PAKAI MENGGUNAKAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

ANDYANI ANANDA PUTRI
19513115

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.	**Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D.**
NIK. 155130507	**NIK. 155130505**
Tanggal: 21 Agustus 2023	Tanggal: 21 Agustus 2023

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.)., Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 22 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PARAMETER FISIK HASIL BIODEGRADASI SAMPAH MASKER MEDIS SEKALI PAKAI MENGGUNAKAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*)

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu
Tangggal : 16 Agustus 2023

Disusun Oleh:

ANDYANI ANANDA PUTRI
19513115

Tim Penguji :

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. ( )

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. ( )

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. ( )

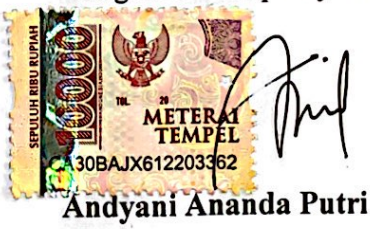
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 16 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Andyani Ananda Putri

NIM: 19513115

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Analisis Parameter Fisik Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Sekali Pakai Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*)"**. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, yaitu:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki berupa kesehatan, ilmu pengetahuan, ridho, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, saudara, dan keluarga penulis yang tiada henti memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang atas semua kegiatan dan keputusan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, ilmu dan bimbingannya selama penulisan tugas akhir.
4. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran terhadap penulisan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen, karyawan, dan laboran Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
6. Teman-teman kelompok tugas akhir (Rizky, Fachrizal, Dahayu, Arsyad dan Akbar) yang memberikan dukungan dan bantuan selama pengerjaan tugas akhir.

7. Teman-teman perkumpulan “Hari-hari Piknik” dan “Inpo Makan” yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan dukungan dari awal kuliah hingga saat ini.
8. Teman-teman SMA (Iis, Jiane, Felicia, Vicky, Shaqilla, Modesta, Abel dan Erwin) yang selalu mendukung hingga saat ini.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2019.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun sebagai koreksi dan kelayakan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan digunakan sebaik mungkin oleh penulis dan semua pihak.

Yogyakarta, 16 Agustus 2023

Andyani Ananda Putri

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

ANDYANI ANANDA PUTRI. Analisis Parameter Fisik Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Sekali Pakai Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Dibimbing oleh Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Penggunaan masker sebagai perlindungan dari kasus Covid-19 menjadi isu global yang mengakibatkan timbulan sampah meningkat. Permasalahan tersebut diatasi dengan proses biodegradasi sampah yang menghasilkan produk berupa kompos. Penelitian ini mengkaji lebih lanjut pengolahan sampah masker medis menjadi kompos dengan menggunakan ulat jerman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil konsumsi umpan, indeks reduksi limbah, dan biomassa ulat. Selain itu, mengetahui kesesuaian parameter suhu, pH, warna, dan kadar air pada kompos dengan SNI 19-7030-2004. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental menggunakan 200 ekor ulat dengan umpan masker dan *pollard* yang setiap perlakuan dibuat secara triplo. Didapatkan laju penguraian di reaktor B lebih tinggi dibandingkan reaktor A. Hasil analisis konsumsi umpan pada reaktor B sebesar 100% sedangkan reaktor A 81,7%. Indeks reduksi limbah pada reaktor B sebesar 20% dan reaktor A sebesar 16,37%. Biomassa ulat akhir sebesar 632 mg/ekor. Sedangkan, hasil analisis parameter fisik pada kompos yaitu parameter suhu dan kadar air telah memenuhi SNI. Suhu kompos tidak lebih dari 30°C yakni berkisar 27,4-29,1°C. Kadar air tertinggi terdapat pada Reaktor B pada hari ke-30 sebesar 0,66%. Untuk parameter pH (6,14-6,46) dan warna (cokelat muda) yang dihasilkan belum memenuhi SNI. Ketentuan pada SNI yaitu pH dengan nilai minimal 6,8 dan warna kehitaman.

Kata kunci: Biodegradasi, Kompos, Laju Penguraian, Parameter Fisik, Ulat Jerman.

ABSTRACT

ANDYANI ANANDA PUTRI. *Analysis of Physical Parameters of Biodegradation Results of Disposable Medical Mask Waste Using Superworm (Zophobas morio). Supervised by* Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. *and* Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

The use of masks as protection from the Covid-19 case has become a global issue which has resulted in increased waste generation. This problem is overcome by the process of biodegradation of waste which produces a product in the form of compost. This research further examines the processing of medical mask waste into compost using superworms. This study aims to determine the results of feed consumption, waste reduction index, and superworm biomass. In addition, knowing the suitability of the parameters of temperature, pH, color, and water content in compost with SNI 19-7030-2004. The method used is an experimental method using 200 superworms with mask and pollard baits where each treatment is made in triplo It was found that the rate of decomposition in reactor B was higher than that of reactor A. The results of the analysis of feed consumption in reactor B were 100%, while reactor A was 81.7%. The waste reduction index in reactor B was 20% and reactor A was 16.37%. The final superworm biomass is 632 mg/head. Meanwhile, the results of the analysis of the physical parameters of the compost, namely the parameters of temperature and moisture content, have met the SNI. The compost temperature is not more than 30°C, which is in the range of 27.4-29.1°C. The highest water content was found in Reactor B on the 30th day of 0.66%. The pH parameters (6.14-6.46) and color (light brown) produced do not meet SNI. The provisions on SNI are pH with a minimum value of 6.8 and a black color.

Keywords: *Biodegradation, Compost, Decomposition Rate, Physical Parameters, Superworm.*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Asumsi Penelitian 3
1.6 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Sampah Masker Medis 5
2.2 *Pollard* 6
2.3 Ulat Jerman 6
2.4 Biodegradasi 8
2.5 Kompos 9
2.6 Penelitian Terdahulu 11
BAB III METODE PENELITIAN 15
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 15
3.2 Alat dan Bahan 15
3.3 Metode Penelitian 16
3.4 Prosedur Analisis Data 18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Hasil Data Analisis Laju Penguraian 25
4.2 Hasil Data Analisis Parameter Fisik pada Kompos 31
4.3 Hasil Analisis Derajat Keasaman (pH) 35
4.4 Aplikasi Ulat Jerman untuk Pengolahan Sampah Masker Medis di Rumah 36
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 39

5.1 Simpulan 39
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 42
LAMPIRAN 48
Lampiran I. Dokumentasi Penelitian 48
Lampiran II. Data dan Tabel Perhitungan 51
RIWAYAT HIDUP 58

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi pada *Pollard* 6
Tabel 2.2 Kandungan Gizi pada Ulat Jerman (*Zophobas morio*) 7
Tabel 2.3 Standar Kualitas Kompos Menurut SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik..... 9
Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian..... 15
Tabel 3.2 Variasi Jenis Pakan pada Reaktor A dan B..... 17
Tabel 3.3 Metode Analisis Laju Penguraian dan Parameter Fisik pada Frass ulat oleh Ulat Jerman 18
Tabel 4.1 Hasil Warna Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik..... 32
Tabel 4.2 Hasil Rata-rata Kadar Air dan Standar Deviasi dari Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi dari Sampah Organik Domestik..... 34

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan pada Masker Medis 5
Gambar 2.2 Siklus Hidup Ulat Jerman (*Zophobas morio*)..... 7
Gambar 3.1 Langkah Kerja Analisis Konsumsi Umpan 19
Gambar 3.2 Langkah Kerja Analisis Temperatur 20
Gambar 3.3 Langkah Kerja Pengujian Kadar Air 22
Gambar 3.4 Langkah Kerja Analisis pH 23
Gambar 4.1 Hasil Laju Penguraian Reaktor A selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo 25
Gambar 4.2 Laju Penguraian Reaktor B selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo 26
Gambar 4.3 Hasil Analisis Konsumsi Umpan pada Reaktor A dan B selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo 27
Gambar 4.4 Hasil Analisis WRI pada Reaktor A dan B selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo 29
Gambar 4.5 Hasil Analisis Biomassa Ulat selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo 30
Gambar 4.6 Hasil Temperatur pada Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi dari Sampah Organik Domestik 31
Gambar 4.7 Hasil Derajat Keasaman (pH) pada Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik 35

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar I.1 Penimbangan Umpan Reaktor A dan B 48
Gambar I.2 Reaktor A dan B..... 48
Gambar I.3 Pengukuran pH Kompos 48
Gambar I.4 Pengukuran Kadar Air 49
Gambar I.5 Pengukuran Temperatur Ruangan..... 49
Gambar I.6 Kotoran Ulat Hasil Biodegradasi 49
Gambar I.7 Masker yang Terdegradasi 50
Gambar I.8 Warna pada Kompos..... 50
Tabel II.1 Data Analisis Konsumsi Umpan pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B 51
Tabel II.2 Data Analisis Indeks Reduksi Limbah (*Waste Reduction Index/*WRI) pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B..... 51
Tabel II.3 Data Analisis Biomassa Ulat pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B 52
Tabel II.4 Data Berat Ulat Total pada Setiap Reaktor dengan Pengujian secara Triplo..... 52
Tabel II.5 Data Jumlah Ulat pada Setiap Reaktor 52
Tabel II.6 Data Berat Kompos yang Dihasilkan dengan Pengujian secara Triplo..... 53
Tabel II.7 Data Temperatur Ruangan pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian..... 53
Tabel II.8 Data Analisis Temperatur Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B 53
Tabel II.9 Hasil Rata-rata dan Standar Deviasi dari Temperatur Kompos dengan Pengujian Secara Triplo 54
Tabel II.10 Data Analisis pH pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B 54

Tabel II.11 Hasil Rata-rata dan Standar Deviasi dari pH Kompos dengan Pengujian Secara Triplo 55
Tabel II.12 Data Analisis Warna pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B 55
Tabel II.13 Data Analisis Kadar Air pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B 56
Tabel II.14 Hasil Rata-rata dan Standar Deviasi Kadar Air dari Kompos dengan Pengujian Secara Triplo 56

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) pada tanggal 11 Maret 2020 menjadi kasus endemik (Fernalia dkk., 2021). Peningkatan kasus Covid-19 di beberapa negara mengakibatkan pemerintah Indonesia mewajibkan masyarakat untuk menggunakan masker guna meminimalisir penyebaran Covid-19. Selain itu, masker medis juga merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit. Penggunaan masker sekali pakai menjadi isu global yang mengakibatkan timbulan sampah meningkat (Maimunawaro, 2021). Khususnya di Indonesia, pengetahuan masyarakat tentang pengelolaan sampah masih kurang. Hal tersebut mengakibatkan tidak adanya pemilahan sampah di masyarakat (Putra dkk., 2019). Sampah masker tersebut apabila dibuang sembarangan berpotensi mencemari lingkungan (Hayat & Zayadi, 2018). Sekitar 74% sampah domestik hampir semuanya dibuang ke TPA (Guerrero dkk., 2013).

Sampah yang dihasilkan berpotensi menimbulkan bau tidak sedap yang menyengat dan mengakibatkan pencemaran udara (Damanhuri & Padmi, 2010). Oleh karena itu, diperlukan pengolahan sampah guna meminimalisir dampak buruk dan memberikan nilai tambah pada sampah yang dihasilkan (Pangestu dkk., 2017). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan biodegradasi. Biodegradasi mengubah zat yang kompleks menjadi lebih sederhana dengan memanfaatkan organisme (Islami, 2019). Organisme yang umumnya digunakan dalam proses biodegradasi seperti alga, bakteri, jamur, *yeast* dan larva.

Pemanfaatan organisme sebagai pengurai sampah menjadi salah satu inovasi untuk menghasilkan pupuk organik yang ramah lingkungan dengan kandungan hara yang optimal. Saat ini, sedang dikembangkan biodegradasi dengan memanfaatkan berbagai jenis larva. Adapun beberapa jenis larva yang telah digunakan yaitu ulat hongkong, ulat jerman, larva ngengat lilin, maupun

maggot. Proses biodegradasi sampah menghasilkan kompos yang dapat dimanfaatkan sebagai media tanam dan pupuk untuk tanaman.

Dari berbagai permasalahan sampah di atas, maka dilakukannya penelitian ini untuk mengkaji lebih lanjut tentang pengolahan sampah masker medis sekali pakai menjadi kompos yang ramah lingkungan dengan menggunakan ulat jerman. Dengan dilakukan penelitian ini, maka dapat menjadi alternatif dalam pengolahan sampah khususnya sampah masker medis sekali pakai yang dapat dilakukan oleh masyarakat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas terkait dengan pengolahan sampah menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) maka penulis merumuskan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Bagaimana laju penguraian sampah masker medis oleh ulat jerman (*Zophobas morio*)?
2) Apakah frass ulat yang dihasilkan berdasarkan parameter temperatur, warna, kadar air dan derajat keasaman (pH) telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1) Menginvestigasi laju penguraian sampah masker medis oleh ulat jerman (*Zophobas morio*).
2) Menguji kualitas pada frass ulat berdasarkan parameter temperatur, warna, kadar air dan derajat keasaman (pH) yang dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengolahan masker medis menggunakan ulat jerman adalah sebagai berikut:

1) Bagi Mahasiswa

   Mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang telah dipelajari selama masa perkuliahan khususnya dalam bidang pengolahan sampah.

2) Bagi Masyarakat

   Memberikan informasi dan menjadi acuan pengolahan sampah masker medis sekali pakai bagi masyarakat dengan sistem yang sederhana dan efektif diaplikasikan untuk mengurangi timbulan sampah di masing-masing rumah masyarakat, serta memberikan nilai ekonomis.

3) Bagi Pemerintah

   Menjadi referensi teknologi alternatif dalam pengolahan sampah yang dapat disosialisasikan dan diterapkan di berbagai daerah di Indonesia.

1.5 Asumsi Penelitian

Ulat jerman dapat melakukan proses biodegradasi pada sampah masker medis sekali pakai. Kemampuan ulat dalam mengkonsumsi umpan dapat membantu mengatasi permasalahan timbulan sampah masker medis. Hasil biodegradasi tersebut menghasilkan kotoran ulat yang dimanfaatkan sebagai kompos. Hasil biodegradasi yang memenuhi spesifikasi sesuai dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik memberikan dampak baik pada lingkungan.

1.6 Ruang Lingkup

Adapun pada penelitian pengolahan sampah masker medis menggunakan ulat jerman ruang lingkupnya adalah sebagai berikut:

1) Penelitian ulat jerman dilakukan di *workshop* Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII).

2) Objek penelitian adalah ulat jerman (*Zophobas morio*) berusia 2 bulan dan hasil penguraian sampah berupa frass ulat.
3) Sampah yang digunakan merupakan sampah masker medis sekali pakai pemakaian pribadi dan *pollard* yang dibeli dari GG *Farm's*, Bantul.
4) Variasi pemberian pakan dilakukan selama 30 hari dan diberikan setiap 5 hari.
5) Parameter yang diamati selama penelitian adalah:
    - Konsumsi umpan
    - Nilai indeks reduksi (*Waste Reduction Index/WRI*)
    - Biomassa ulat
    - Temperatur frass ulat
    - Warna
    - Kadar air
    - Derajat keasaman (pH)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Masker Medis

Masyarakat yang sakit maupun sehat dianjurkan menggunakan masker pada tahun 2020. Hal tersebut sehubungan dengan penularan Covid-19 oleh orang-orang yang tidak bergejala (Axmalia & Sinanto, 2021). Anjuran penggunaan masker tersebut diikuti dengan peningkatan jumlah sampah masker yang digunakan (Amalia dkk., 2020). Limbah sarung tangan, sapu tangan, kain, masker sekali pakai, dan APD lainnya merupakan limbah infeksius (ACR, 2020). Masker medis sekali pakai untuk terurai di lingkungan membutuhkan waktu ratusan tahun karena terbuat dari bahan yang *nonbiodegradable* (Saberian dkk., 2021).

Masker medis sekali pakai terdiri dari polietilen dan polipropilen (PP) densitas tinggi. Selain itu, bahan polyester, polistirena, poliakrilonitril, dan poliuretan juga merupakan polimer yang dapat terkandung dalam masker (Prata dkk., 2021). Umumnya, masker medis terdiri dari 3 atau 4 lapisan dan berbentuk persegi panjang (Fitria dkk., 2022). Lapisan masker terluar umumnya diberi variasi warna dan bersifat hidrofobik. Sedangkan lapisan tengah berfungsi untuk menangkal partikel dan bakteri. Untuk menyerap cairan yang keluar dari mulut maupun hidung merupakan fungsi dari lapisan bagian dalam masker (Budiman dkk., 2022).



Gambar 2.1 Lapisan pada Masker Medis

Sumber: (Hidayah dkk., 2022)

2.2 *Pollard*

Pollard merupakan produk sampingan dari proses pemisahan biji gandum. *Pollard* merupakan salah satu limbah pertanian yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pakan alternatif (Ilmiawan dkk., 2015). Biji gandum yang telah dikeluarkan bagian luarnya akan menyisakan bagian tengah pada yang merupakan *Pollard. Pollard* umumnya digunakan sebagai pakan hewan ternak unggas karena memiliki kandungan serat yang tinggi. Selain itu, *pollard* juga merupakan makanan pokok dari ulat jerman. Kandungan nutrisi pada *pollard* yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi pada *Pollard*

Kandungan	Jumlah
Protein kasar	17,05%
Serat kasar	8,8%
Abu	24,1%
Bahan ekstrak tanpa nitrogen	45%
Lemak kasar	5,1%

Sumber: (Adisasmita, 2008)

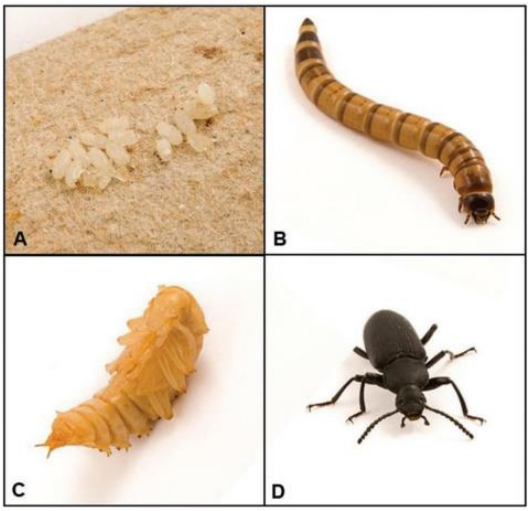
2.3 Ulat Jerman

Ulat jerman dengan nama latin *Zophobas morio* merupakan makroorganisme yang biasanya dijadikan sebagai pakan burung. Ulat jerman memiliki ukuran tubuh yang cukup besar dibandingkan dengan ulat lainnya. Ukuran tubuh ulat jerman umumnya mencapai 6 cm dengan nilai gizi yang tinggi. Sistem kekebalan tubuh pada ulat jerman mampu mencegahnya dari berbagai penyakit yang bersumber dari bakteri, virus, parasit, maupun jamur (Santoso dkk., 2017). Berdasarkan Munandi (2015) beberapa kandungan gizi pada ulat jerman adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kandungan Gizi pada Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Gizi	Jumlah
Protein	19,06%
Lemak	14,19%
Kalsium	173 ppm
Serat Kasar	2,60%

Berdasarkan Rumbos & Athanassiou (2021) siklus hidup ulat jerman dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Siklus Hidup Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Sumber: (Rumbos & Athanassiou, 2021)

Keterangan:

A. Telur

Betina mampu bertelur hingga 2.200 selama masa hidupnya. Jumlah telur tersebut berbanding terbalik dengan usia induk betina (Tschinkel, 1969). Semakin tua usia indukan maka telur yang dihasilkan semakin sedikit. Telur yang dihasilkan berwarna putih dan berbentuk lonjong dengan lebar telur 0,7 mm dan panjang 1,7 mm (Fursov & Cherney, 2018).

B. Larva

Larva *Zophobas morio* panjangnya mencapai 55 mm (Friederich & Volland, 2004). Larva berwarna kuning dengan bagian kepala dan ekor berwarna cokelat tua (Fursov & Cherney, 2018). Larva umumnya dapat hidup

selama 5 bulan atau lebih. Kepadatan larva dalam suatu wadah menjadi faktor yang mempengaruhi jumlah dan durasi instar larva. Larva yang dipelihara dalam kondisi terisolasi akan mempercepat larva menjadi pupa. Umumnya, larva yang dipelihara secara terisolasi berubah menjadi pupa setelah 11-18 instar (Quennedey dkk., 1995). Meskipun *molting* larva terus terjadi hingga larva mati, tetapi larva dapat gagal menjadi pupa apabila dalam kondisi dipelihara secara berkelompok dan padat (Tschinkel & Willson, 1971).

C. Pupa

Pupa dapat memutar segmen perutnya saat distimulasi dengan sentuhan sebagai mekanisme pertahanan kepompong (Ichikawa dkk., 2012). Proses menjadi pupa umumnya berlangsung selama 13-15 hari dengan suhu idealnya yaitu 25°C. Durasi menjadi pupa dipengaruhi oleh berat pupa dan temperatur (Quennedey dkk., 1995).

D. Dewasa.

Saat menjadi kumbang dewasa, kumbang ulat jerman memiliki antena, sayap, kaki, dan sistem reproduksi. Kumbang mengkonsumsi makanan yang sama saat fase larva. Kumbang ulat jerman mampu hidup hingga 5 bulan. Kumbang ulat jerman menyukai tempat yang lembab, sejuk, dan gelap.

2.4 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan proses perombakan limbah kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan aktivitas makroorganisme atau mikroorganisme (Fadlilah & Shovitri, 2014). Biodegradasi dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi timbulan sampah di TPA. Umumnya, proses biodegradasi dilakukan dengan mencampurkan sampah ke dalam wadah berisi makroorganisme. Makroorganisme yang umumnya digunakan dalam proses biodegradasi yaitu ulat jerman, ulat hongkong, dan larva ngengat lilin. Proses biodegradasi limbah dengan memanfaatkan organisme mengubah limbah menjadi rapuh sehingga berukuran lebih kecil. Hasil biodegradasi berbentuk seperti tanah dengan warna cokelat kehitaman dan tidak berbau. Adapun proses biodegradasi dipengaruhi oleh beberapa

faktor yaitu jenis mikroorganisme yang digunakan, pH, temperatur, karakteristik polimer, dan kelembaban (Okoh, 2006). Hasil biodegradasi oleh organisme dapat digunakan sebagai kompos yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan pada tanaman.

2.5 Kompos

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang terbuat dari bahan organik yang mengalami pelapukan akibat adanya proses interaksi antara mikroorganisme pembusuk yang terdapat di dalam kompos. Menurut Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2019 tentang Pendaftaran Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah dijelaskan bahwa pupuk organik dapat berasal dari kotoran hewan.

Hasil kompos yang memiliki kualitas baik dapat dilihat dengan ciri-ciri berikut:

a. Memiliki warna cokelat kehitaman.
b. Berbentuk seperti tanah.
c. Berbau seperti tanah dan tidak berbau busuk.
d. Memiliki suhu yang sama dengan suhu tanah.
e. Apabila direndam pada air maka kompos akan tenggelam dan air tidak berubah warna.
f. Tanaman yang diberikan kompos tidak rentan hama.

Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik, kompos yang sudah siap digunakan memiliki ciri-ciri berikut:

Tabel 2.3 Standar Kualitas Kompos Menurut SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Temperatur	°C		Suhu air tanah
2	Kadar Air	%	-	50
3	Warna			Kehitaman

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
4	Bau			Berbau tanah
5	pH	-	6,80	7,49
6	Ukuran Partikel	mm	0,55	25
7	Bahan Asing	%	*	1,5
8	Kemampuan Ikat Air	%	58	-
	Unsur makro			
9	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
10	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
11	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
12	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
13	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
14	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
15	Unsur lain			
16	Kalsium (Ca)	%	*	25,50
17	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
18	Besi (Fe)	%	*	2,00
19	Alumunium (Al)	%	*	2,20
20	Mangan (Mn)	%	*	2,10
21	Bakteri			
22	*Fecal coli*	MPN/gr		1000
23	*Salmonella sp*	MPN/4gr		3
24	Bahan Organik	%	27	58
25	Nitrogen	%	0,40	-
26	Karbon	%	9,80	32
27	Fosfor (P_2O_5)	%	0,10	-
28	C/N- rasio		10	20
29	Kalium (K_2O)	%	0,20	*
30	Unsur mikro		*	
31	Arsen	mg/kg	*	13

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
32	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
33	Kobalt (Co)	mg/kg	*	34
34	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210

Ket : * nilainya lebih dari dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Sumber: SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik

2.6 Penelitian Terdahulu

Jenis Ulat	Penelitian	Referensi
Ulat Jerman	Ulat Jerman dimasukkan ke dalam 5 buah kotak masing-masing sebanyak 100 gr dan tidak menggunakan media tambahan. Pengujian parameter terikat dilakukan terhadap pakan fermentasi di awal. Kemudian pakan difermentasikan selama 3 hari. Pengukuran berat kotoran dan pertambahan ulat jerman dilakukan pada 5 hari pengomposan. Kemudian hasil kompos dari kotoran ulat dilakukan pengukuran variabel terikat. Hasil fermentasi pakan dengan mol EM4 diberikan ke ulat untuk 0-5 hari, *stardec* untuk 6-10 hari, bonggol pisang 11-15 hari, akar bambu untuk 15-20 hari, dan nasi untuk 20-25 hari. Parameter yang diuji yaitu pH, temperatur, kadar air, *electrical conductivity*, ammonium dan Nitrat, Phospat, dan Kalium.	Raraningsih dkk (2017)
Ulat jerman, ulat hongkong, dan larva ngengat lilin	Ulat jerman, ulat hongkong, dan larva ngengat lilin masing-masing dibagi menjadi 2 kelompok dengan 200 larva per kelompok. Setiap kelompok dipelihara dalam wadah plastik plastik berukuran 14 cm x 14 cm x 7 cm. Kelompok diberi perlakuan dengan pakan styrofoam sebanyak 3 gr sebagai satu-satunya makanan. Sebagai kontrol, larva ngengat lilin diberi pakan berupa beeswax sebanyak 3 gr. Sedangkan, ulat jerman dan	Jiang dkk (2021)

Jenis Ulat	Penelitian	Referensi
	ulat hongkong diberi pakan *pollard* 3 gr sebagai kontrol. Pakan diberikan setiap 3 hari dan pengujian dilakukan setiap 5 hari yang diakhiri pada hari ke-30.	
Ulat Jerman	Ulat jerman sebanyak 3600 ekor berumur 1 bulan dibagi ke dalam 18 wadah. Masing-masing wadah berisi 200 ekor Ulat Jerman. Wadah yang digunakan yaitu kotak kayu yang terdapat ram ukuran 60 mesh. Media nutrisi yang terbuat dari dedak padi, *pollard*, dan onggok berbentuk *pellet* diberikan sebanyak 200 gr dan diganti setiap 7 hari sekali. Sedangkan, pakan tambahan berupa buah pepaya diberikan sebanyak 50 gr setiap hari. Parameter suhu dan kelembaban diukur 3 kali sehari yaitu pada pukul 07.00, 12.00, dan 20.00 WIB.	Rohman dkk. (2022)
Ulat jerman	Ulat jerman sebanyak 300 ekor per kelompok diberi pakan styrofoam seberat 6 gr. Ulat Jerman dipelihara dalam wadah plastik PP berukuran 35 x 24 x 7 cm. Sedangkan, sebagai kontrol Ulat jerman akan diberi pakan *pollard*. Masing-masing kelompok dibuat masing-masing rangkap 3. Semua wadah disimpan pada suhu terkontrol 25 ± 1 °C, kelembaban 80 ± 2%, dan dilakukan selama 28 hari. Parameter yang diuji adalah aktivitas makan dan degradasi styrofoam menggunakan FTIR, serta mikrobiota usus yang berkontribusi dalam degradasi styrofoam.	Yang dkk. (2019)
Ulat hongkong dan ulat jerman	Ulat hongkong dan ulat jerman yang digunakan telah mengalami pergantian kulit sebanyak 5 kali atau instar 6. Jenis plastik yang digunakan yaitu *Polypropylene* (tutup wadah gelas plastik), *Low Density Polyethylene* (kantong kresek putih *Low Density Polyethylene Biodegradable*), dan *High Density Polyethylene* (plastik bening	Putra & Ma'rufah (2022)

Jenis Ulat	Penelitian	Referensi
	berukuran 10 x 70 cm). Sedangkan, sebagai perlakuan kontrol digunakan dedak atau pakan ayam. Plastik dipotong hingga berukuran 3 x 3 cm dan dedak ditimbang sebanyak 1 gram. Masing-masing jenis ulat sebanyak 10 ekor larva dimasukkan ke dalam wadah gelas plastik dan dibuat rangkap 5. Hasil biokonversi akan dicek setiap 3 hari sekali selama 30 hari. Parameter yang diuji adalah panjang dan bobot tubuh, laju degradasi, dan nilai indeks reduksi (*Waste Reduction Index/WRI*).	

Dari beberapa penelitian di atas, diketahui bahwa belum dilakukannya penelitian terkait degradasi sampah masker medis menggunakan ulat jerman dengan proses biodegradasi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji lebih lanjut terkait proses biodegradasi sampah masker medis dan *pollard* sebagai umpan kontrol menggunakan ulat jerman (*Zophobas morio*). Penelitian ini menggunakan 200 ekor ulat jerman berumur 2 bulan yang diberi pakan 50 gr dan pakan diganti setiap 5 hari. Adapun parameter laju penguraian yang diukur yaitu konsumsi umpan, indeks reduksi limbah (*Waste Reduction Index/WRI*), biomassa ulat. Sedangkan, untuk uji kualitas kompos mencakup parameter temperatur kompos, warna, kadar air, dan derajat keasaman (pH).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian "Analisis Parameter Fisik Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Sekali Pakai Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*)" dilakukan di *workshop* Fakultas Teknik Sipil Perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII), Sleman. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari - Maret 2023. Sampah masker medis yang digunakan merupakan pemakaian pribadi dan *pollard* yang dibeli dari GG *farm's*, Bantul.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tentang "Analisis Parameter Fisik Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Sekali Pakai Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*)" yaitu:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

Alat	Jumlah	satuan	Fungsi
Kotak plastik	6	buah	Reaktor Penelitian
Saringan	1	buah	Memisahkan ulat dan kotoran
Jaring paranet	2	meter	Penutup reaktor
Timbangan	1	buah	Mengukur berat ulat dan sampah
Thermometer	2	buah	Mengukur suhu ruang dan reaktor
Sarung tangan	6	pasang	Melindungi tangan
pH meter digital	1	buah	Mengukur pH kompos
pH universal	36	buah	Mengukur pH kompos

Alat	Jumlah	satuan	Fungsi
Gelas beaker	6	buah	Wadah melarutkan sampel
Gelas ukur 100 ml	1	buah	Mengukur aquades
Pengaduk kaca	1	buah	Menghomogenkan sampel
Cawan porslen	6	buah	Wadah sampel
Desikator	1	buah	Menghilangkan kadar air
Sendok sungu	1	buah	Mengambil sampel
Oven	1	buah	Memanaskan sampel
Krustang	1	buah	Mengambil cawan porselen
Bahan	**Jumlah**	**Satuan**	**Fungsi**
Ulat Jerman	200	Ekor/reaktor	Mendegradasi sampah
Masker Medis	10	gr/reaktor	Umpan ulat
Pollard	40 & 50	gr/reaktor	Umpan ulat
Aquades	50	ml/sampel	Melarutkan sampel

3.3 Metode Penelitian

Metode eksperimental digunakan sebagai metode pada penelitian ini. Metode tersebut diaplikasikan guna mengetahui parameter fisik pada frass ulat hasil dari biodegradasi dari ulat jerman dalam mendegradasi sampah masker medis. Adapun variabel yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Variabel bebas: Ulat jerman
- Variabel terikat: Derajat keasaman, kadar air, temperatur, warna, konsumsi umpan, biomassa ulat, dan nilai indeks reduksi (*Waste Reduction Index/* WRI).
- Variabel kontrol: Sampah masker medis dan *pollard* sebagai kontrol

Penelitian dilakukan selama 30 hari dan pakan diganti setiap 5 hari. Pengujian terhadap laju penguraian dan kualitas frass ulat dilakukan setiap 5

hari. Ulat jerman sebanyak 200 ekor dipelihara dalam wadah yang masing-masing perlakuan dibuat menjadi rangkap 3 (Triplo). Adapun jenis pakan yang diberikan pada masing-masing wadah adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Variasi Jenis Pakan pada Reaktor A dan B

Reaktor	**Jenis Pakan**	**Jumlah**	**Gambar Reaktor**
A	*Pollard*	40 gr	
	Sampah masker medis	10 gr	
B	*Pollard*	50 gr	

Jumlah ulat, pakan dan durasi pemberian pakan yang digunakan mengacu pada beberapa penelitian terdahulu. Selain itu juga, hal tersebut merujuk pada uji coba yang dilakukan sebelum penelitian ini dimulai. Dari uji coba yang dilakukan didapatkan bahwa *pollard* yang diberikan terurai secara keseluruhan sebelum 5 hari. Oleh karena itu, durasi pemberian pakan dilakukan setiap 5 hari untuk menjaga keseimbangan dan kehidupan dari ulat jerman. Sedangkan, penelitian dilakukan secara triplo untuk meningkatkan keakuratan dan mengurangi kesalahan serta variabilitas data yang didapatkan.

3.4 Prosedur Analisis Data

Analisis efektivitas ulat jerman dalam mengurai sampah masker medis dilakukan guna mengetahui laju penguraian sampah oleh ulat jerman. Semakin tinggi nilai laju penguraian sampah maka menunjukkan tingginya kecepatan ulat jerman dalam mengkonsumsi sampah. Sampah yang digunakan juga sebagai media hidup bagi ulat jerman. Kegiatan yang dilakukan dalam analisis efektivitas ulat jerman yaitu:

Tabel 3.3 Metode Analisis Laju Penguraian dan Parameter Fisik pada Frass ulat oleh Ulat Jerman

No	Parameter	Metode Analisis	Periode Pengukuran
1.	Konsumsi umpan	Timbangan analitik	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
2.	Nilai indeks reduksi (*Waste Reduction Index*).	Timbangan analitik	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
3.	Biomassa ulat	Timbangan analitik	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
4.	Temperatur	Thermometer	Setiap hari
5.	Warna	-	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
6.	Kadar air	Gravimetri	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
7.	pH	pH meter	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30

3.3.1 Pengolahan Data

A. Konsumsi umpan

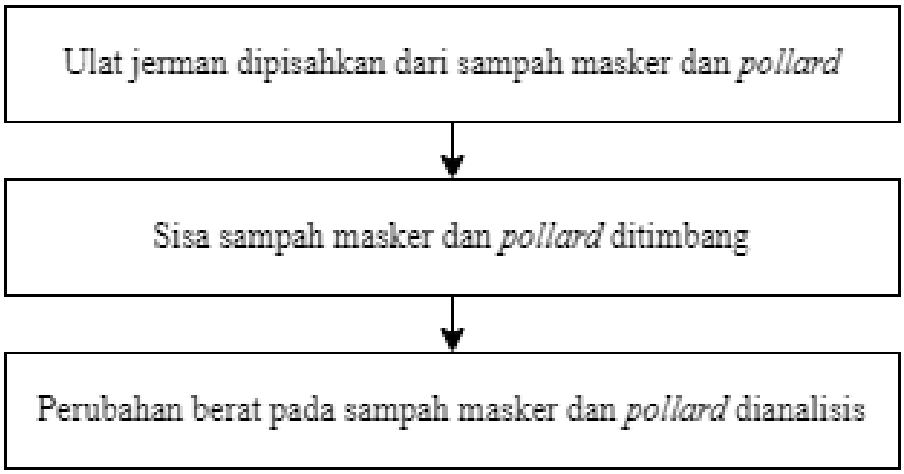
Konsumsi umpan yang dinyatakan dalam persen merupakan jumlah sampah yang dikonsumsi oleh ulat jerman. Konsumsi umpan dihitung dari

sisa umpan yang diberikan. Setelah 5 hari kemudian ditimbang lalu dibandingkan dengan berat umpan pada awal pemberian. Proses analisis konsumsi umpan berdasarkan Diener dkk., (2009) adalah sebagai berikut:

- Alat dan bahan

  Timbangan digital

- Cara kerja



Gambar 3.1 Langkah Kerja Analisis Konsumsi Umpan

$$\text{Konsumsi umpan (\%)} = \frac{Berat\ umpan\ awal - berat\ umpan\ akhir}{Berat\ umpan\ awal}\ x\ 100$$

B. Indeks reduksi limbah (*Waste Reduction Index*/WRI)

Indeks reduksi limbah (WRI) merupakan pengurangan limbah oleh ulat dalam waktu tertentu. Kemampuan ulat untuk mereduksi limbah yang tinggi ditunjukkan dengan nilai WRI yang tinggi pula. Berdasarkan Jucker dkk., (2020) perhitungan WRI adalah sebagai berikut:

$$\text{WRI} = \frac{\text{D}}{t} \text{ x } 100$$

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

Keterangan:

WRI = Indeks reduksi limbah

W = Jumlah sampah total (gr)

R = Sisa sampah dalam waktu tertentu (gr)

t = total waktu reduksi (hari)

D = Penurunan sampah total

C. Biomassa ulat jerman

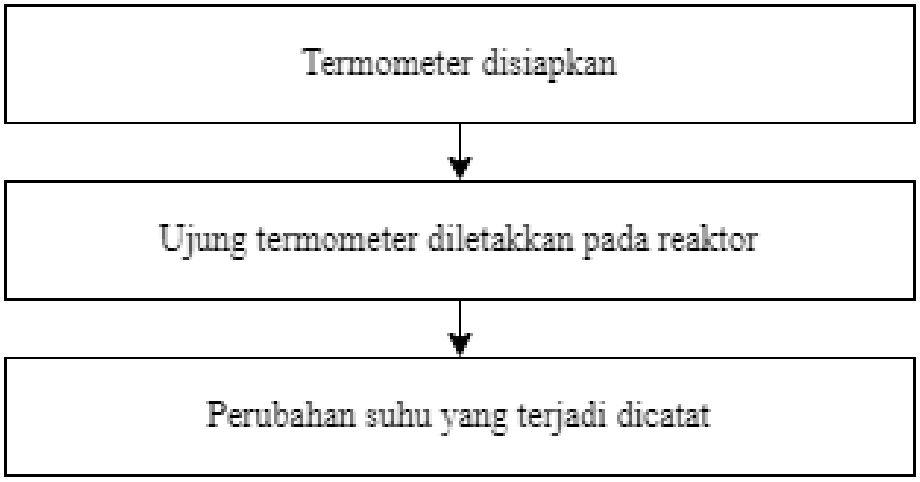
Biomassa ulat jerman merupakan berat dari ulat jerman tersebut. Pengukuran berat ulat jerman dilakukan setiap 5 hari dan dicatat untuk pemantauan berat ulat jerman. Berdasarkan Diener dkk., (2009) untuk mengetahui berat rata-rata ulat jerman maka dilakukan pengukuran sebagai berikut:

$$\text{Biomassa ulat jerman (mg/ekor)} = \frac{Berat\ total\ ulat\ jerman\ (mg)}{Jumlah\ ulat\ jerman\ (ekor)}$$

D. Temperatur

Pertumbuhan ulat jerman sangat dipengaruhi oleh temperatur. Ulat jerman tidak dapat hidup pada suhu terlalu dingin ataupun terlalu panas. Dengan hidup di suhu ideal, maka ulat jerman dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik sehingga dapat mengurai sampah dengan cepat. Temperatur yang diukur merupakan temperatur ruangan dan kompos. Proses analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Alat dan bahan: Termometer
- Cara kerja



Gambar 3.2 Langkah Kerja Analisis Temperatur

E. Warna

Analisis warna dilakukan dengan melihat warna dari frass ulat hasil biodegradasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui warna frass ulat yang dihasilkan dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Metode yang digunakan yaitu metode organoleptik berupa mata (Mokodompis dkk., 2018).

F. Kadar Air

Proses pengomposan dipengaruhi oleh kadar air. Oleh karena itu, dilakukan pengujian kadar air pada frass ulat yang dihasilkan dengan mengacu pada ISBN 978-602-8039-21-5 mengenai Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(W - W1)}{W}\ x\ 100$$

Keterangan:

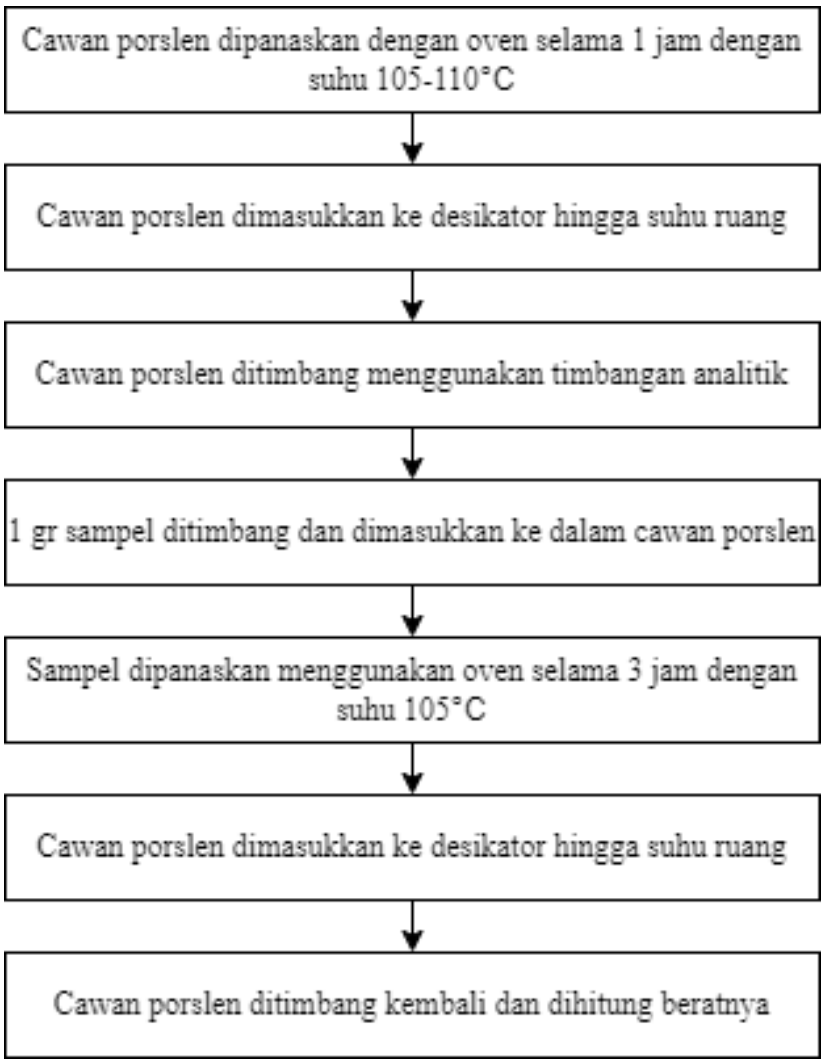
W = bobot sampel awal (gram)

W1 = bobot sampel setelah dikeringkan (gram)

100 = faktor konversi %

- Alat dan bahan
    a. Timbangan analitik
    b. Sampel
    c. Cawan porselen
    d. krustang
    e. oven

- Cara kerja

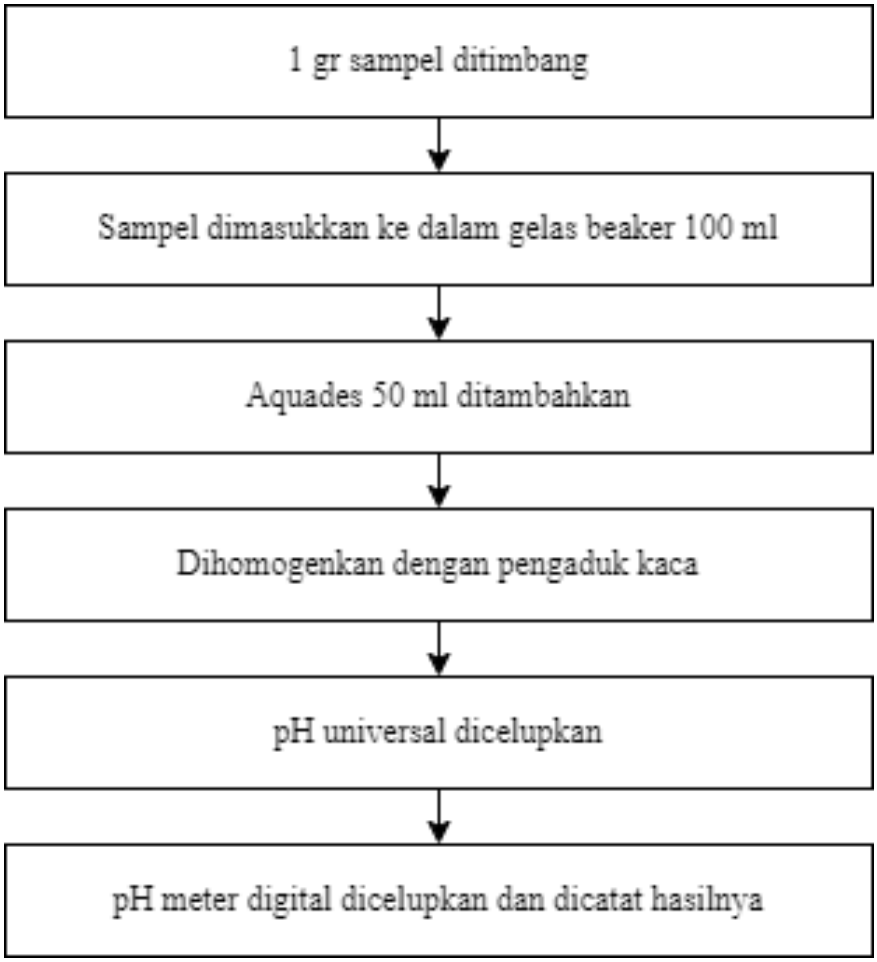


Gambar 3.3 Langkah Kerja Pengujian Kadar Air

G. Derajat keasaman (pH)

pH dari biodegradasi perlu diperhatikan untuk menjaga kelangsungan hidup ulat jerman dalam proses penguraian sampah. Apabila pH terlalu asam ataupun terlalu basa maka efisiensi penguraian dan kelangsungan hidup ulat jerman menjadi berkurang. Proses analisis yang dilakukan mengacu pada ISBN 978-602-8039-21-5 mengenai Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk sebagai berikut:

- Alat dan bahan
  a. Kaca Arloji
  b. Gelas beaker 100 ml
  c. Timbangan analitik
  d. Pengaduk kaca
  e. pH universal
  f. Sampel dari reaktor
  g. pH meter
  h. Aquades
- Cara kerja



Gambar 3.4 Langkah Kerja Analisis pH

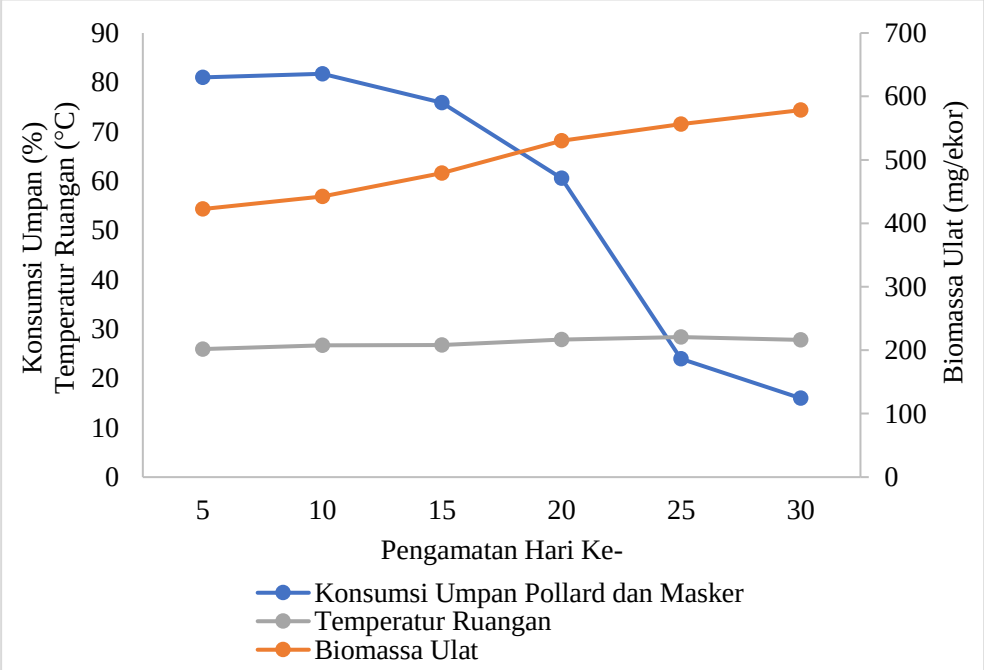
3.3.2 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif korelasional. Hubungan antar dua variabel atau lebih dalam penelitian dijelaskan pada metode deskriptif korelasional (Silalahi, 2015). Data yang diolah disajikan dalam bentuk grafik dan tabel yang dideskripsikan secara rinci.

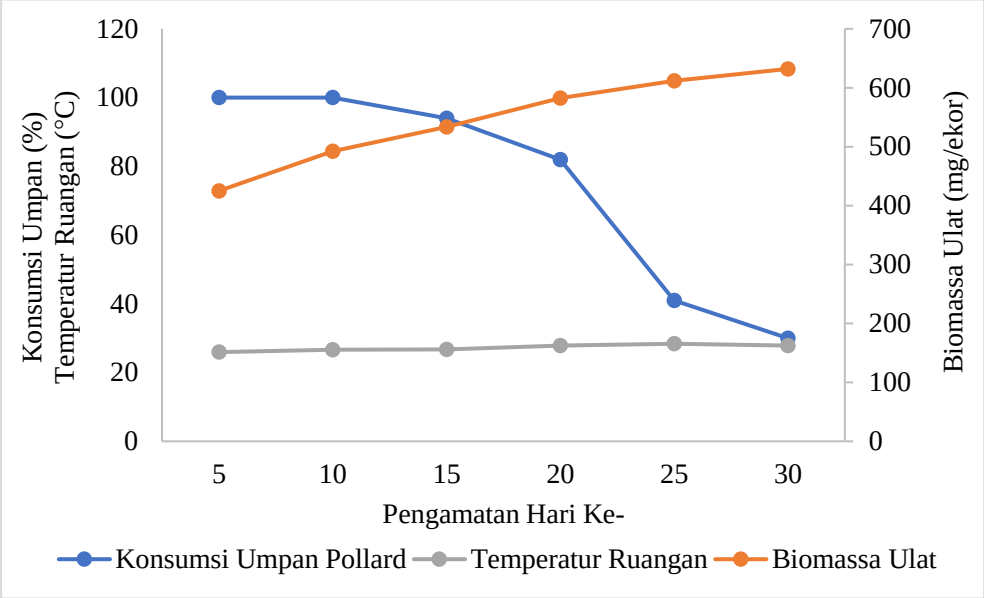
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data Analisis Laju Penguraian

Analisis laju penguraian sampah masker medis oleh ulat jerman dipengaruhi oleh beberapa parameter utama. Parameter tersebut yaitu konsumsi umpan, biomassa ulat, dan temperatur ruangan. Dari hasil analisis yang dilakukan maka diperoleh data sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil Laju Penguraian Reaktor A selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo



Gambar 4.2 Laju Penguraian Reaktor B selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo

Dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 dapat diketahui laju penguraian dari Reaktor A dan Reaktor B. Temperatur ruangan harian selama penelitian berkisar pada 23,8-30,3°C. Produktivitas ulat jerman sensitif terhadap temperatur lingkungan di sekitarnya. Temperatur ruangan ideal bagi ulat jerman berkisar antara 27-30°C (Rahman dkk., 2018). Pada saat penelitian, temperatur hanya diukur setiap pagi jam 09.00 WIB. Namun, menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) terjadi peningkatan temperatur ruangan pada siang hari hingga mencapai suhu maksimum berkisar 28-34°C. Hal tersebut, mengakibatkan produktivitas ulat jerman terganggu dan menyebabkan kematian. Peningkatan temperatur pada setiap minggunya berbanding terbalik dengan parameter konsumsi umpan.

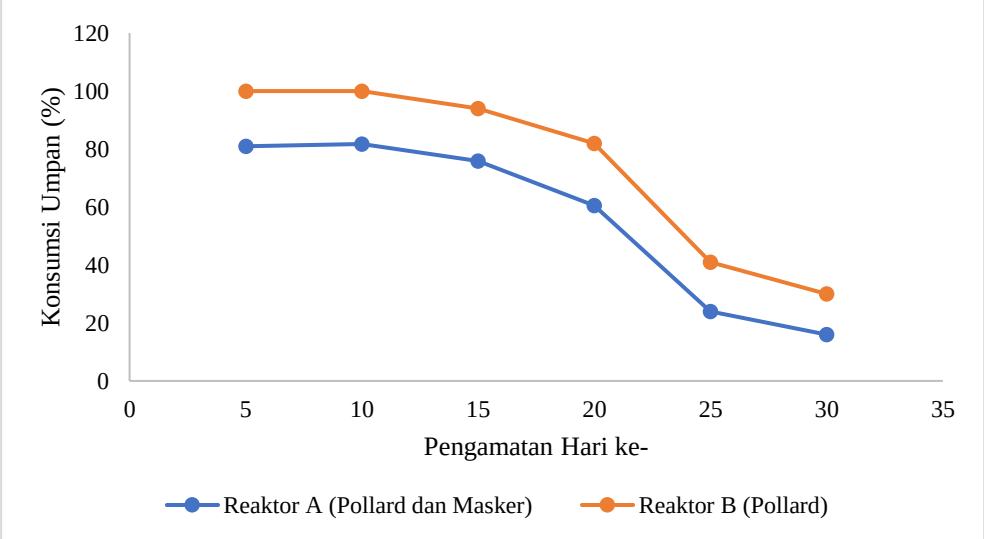
Konsumsi umpan mengalami penurunan di setiap minggunya. Diketahui bahwa konsumsi umpan pada Reaktor B lebih tinggi daripada reaktor A. Konsumsi umpan pada reaktor A berkisar pada 16-81,7%. Sedangkan, konsumsi umpan di reaktor B berkisar pada 30-100%. Dari hasil tersebut, menunjukkan bahwa ulat yang diberi pakan *pollard* tanpa campuran sampah masker memiliki tingkat konsumsi umpan yang tinggi.

Nilai konsumsi umpan berbanding lurus dengan nilai Indeks Reduksi Limbah (*Waste Reduction Index*/WRI). WRI mengalami penurunan di setiap minggunya sesuai dengan penurunan nilai konsumsi umpan. WRI yang tinggi menunjukkan kemampuan larva dalam mereduksi umpan yang tinggi (Hakim dkk., 2017). Diperoleh nilai WRI pada reaktor A yaitu berkisar pada 3,20-16,37%. Sedangkan, pada reaktor B nilai WRI berkisar pada 6-20%.

Umpan yang dikonsumsi mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan pada ulat (Putra, 2022) yang ditandai dengan pertambahan biomassa ulat. Peningkatan biomassa ulat terjadi sesuai dengan ketersediaan nutrisi pada pakan yang diberikan (Purnamasari dkk., 2018). Pada Reaktor A dan B biomassa ulat memiliki nilai yang tidak berbeda jauh. Biomassa ulat pada akhir penelitian yaitu 632 mg/ekor pada Reaktor B.

4.1.1 Konsumsi Umpan

Analisis konsumsi umpan dilakukan setiap 5 hari dan didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 4.3 Hasil Analisis Konsumsi Umpan pada Reaktor A dan B selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo

Dari gambar 4.3 diketahui bahwa konsumsi umpan tertinggi sebesar 100% di hari ke-5 dan 10 pada reaktor B. Sedangkan, untuk konsumsi umpan

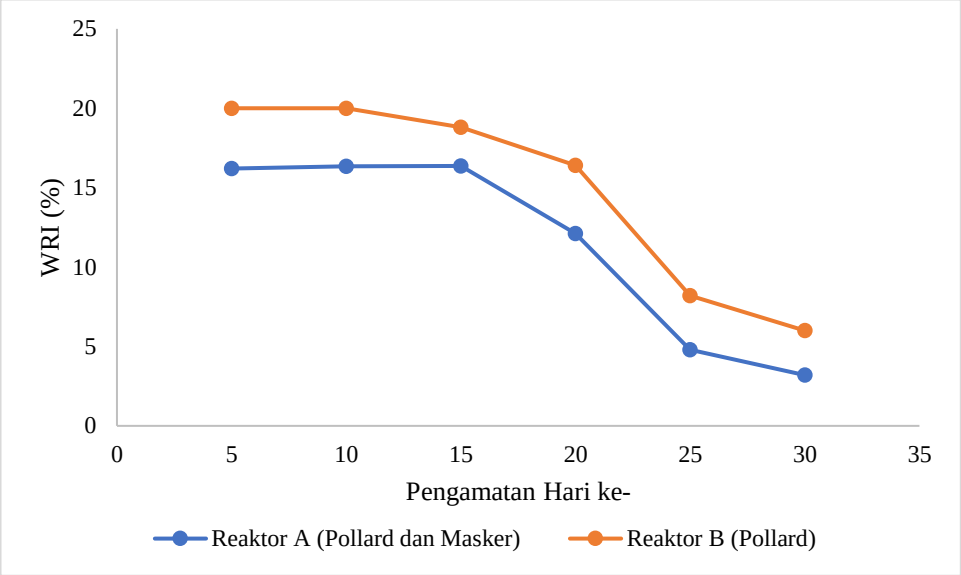
tertinggi pada reaktor A sebesar 81,73±0,05% pada hari ke-10. Tingginya nilai konsumsi umpan pada reaktor B dikarenakan *pollard* merupakan media nutrisi yang umumnya digunakan oleh peternak untuk ulat jerman (Rahman, 2022). Sehingga dapat dikatakan bahwa *pollard* merupakan makanan pokok dari ulat jerman. Selain itu, pada reaktor A diketahui bahwa dari 10 gram sampah masker yang diberikan, ulat jerman dapat mendegradasi hingga 9,8% sampah masker tersebut dalam waktu 5 hari. Lapisan masker yang banyak terdegradasi adalah lapisan tengah masker. Hal ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik lapisan tengah masker yang lebih halus dan tipis dibandingkan dengan lapisan masker lainnya.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yang dkk., (2020) nilai konsumsi umpan pada ulat jerman yang diberi pakan plastik *polypropylene* (PP) sebesar 12,1±4%. Sedangkan, ulat jerman yang diberi pakan dengan plastik PP dan campuran dedak sebesar 82,1±2%. Sehingga diketahui bahwa konsumsi umpan ulat jerman pakan plastik PP saja lebih rendah daripada yang diberi pakan campuran dedak. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa konsumsi umpan paling optimal yaitu pemberian pakan kontrol berupa *pollard*.

Penurunan tingkat konsumsi pakan pada tiap pengamatan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Umur ulat, suhu dan kelembaban mempengaruhi konsumsi umpan (Sihombing, 1999) dalam (Hapsari dkk., 2018). Ulat yang berusia muda memiliki tingkat konsumsi umpan yang lebih tinggi daripada ulat yang berusia tua. Hal ini dikarenakan saat ulat sudah tua dan mendekati umur 5 bulan maka ulat tidak membutuhkan umpan yang banyak karena akan berubah menjadi pupa. Selain itu, saat proses pergantian kulit (*molting*) ulat juga tidak mengkonsumsi umpan.

4.1.2 Indeks Reduksi Limbah (*Waste Reduction Index*/WRI)

Kemampuan ulat dalam mereduksi umpan ditunjukkan oleh nilai WRI (Hakim dkk., 2017). Hasil analisis WRI pada Reaktor A dan B adalah sebagai berikut:

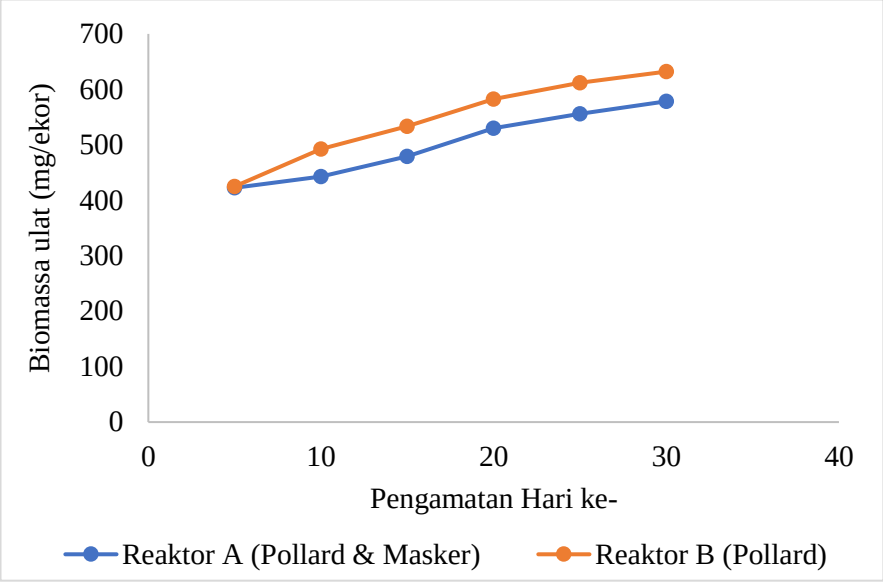


Gambar 4.4 Hasil Analisis WRI pada Reaktor A dan B selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo

Dari gambar 4.4 diketahui bahwa nilai WRI tertinggi yaitu 20% pada Reaktor B di pengamatan hari ke-5 dan 10 yang berisi pakan kontrol berupa *pollard*. Sedangkan, pada reaktor A nilai WRI tertinggi yaitu sebesar 16,37±0,02% pada hari ke-15. Tingginya nilai WRI pada Reaktor B dikarenakan *pollard* merupakan pakan yang diberikan sejak awal pemeliharaan ulat jerman. Jenis pakan kontrol dan plastik *Polypropylene* (PP) yang diberikan kepada ulat jerman menghasilkan nilai WRI yang optimal (Putra & Ma'rufah, 2022). Namun, pada grafik di atas diketahui bahwa nilai WRI mengalami penurunan yang dipengaruhi oleh jumlah pakan yang dikonsumsi. Hal tersebut sesuai dengan Diener (2010) yang menyatakan bahwa nilai reduksi pakan berbanding lurus dengan nilai WRI.

4.1.3 Biomassa Ulat

Ulat yang digunakan pada masing-masing reaktor sebanyak 200 ekor dengan total berat awal rata-ratanya yaitu 85 gr/reaktor. Hasil analisis biomassa ulat yang dilakukan selama penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Hasil Analisis Biomassa Ulat selama 30 hari Penelitian dengan Pengujian secara Triplo

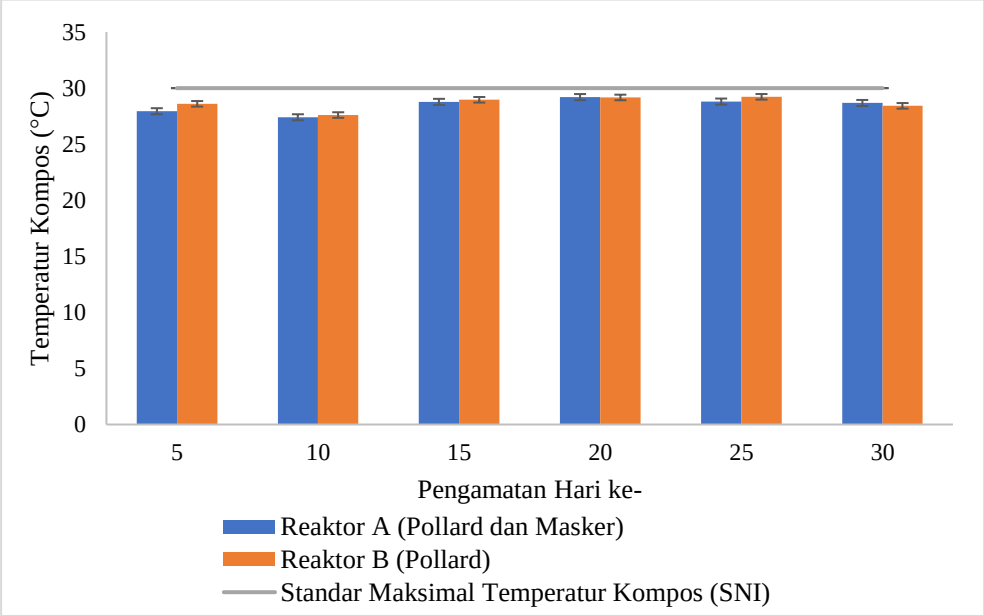
Biomassa ulat pada Reaktor A dan B memiliki berat yang hampir sama. Pada penelitian ini berat total ulat di masing-masing reaktor mengalami penurunan dikarenakan tingginya temperatur ruangan harian. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Putra & Ma'rufah (2022) fase pergantian kulit (*molting)* mempengaruhi tingkat konsumsi pakan. Proses *molting* menyebabkan ulat tidak membutuhkan pakan yang banyak (Hapsari dkk., 2018). Setelah proses *molting* selesai maka berat ulat akan bertambah karena tingkat konsumsi pakan kembali normal.

Pada gambar 4.5 diketahui biomassa ulat terus mengalami kenaikan dengan berat akhir 578±0,067 mg/ekor pada reaktor A dan 632±0,033 mg/ekor pada reaktor B. Berat total akhir ulat rata-rata pada reaktor A sebesar 61,3 gr dan reaktor B 92 gr. Sedangkan s*urvival rate* pada reaktor A adalah 30,7% dan reaktor B 46%. penelitian rata-rata adalah Hal tersebut sesuai dengan penelitian dari Putra & Ma'rufah (2022) dengan perlakuan 10 ekor larva diberi pakan dedak (kontrol) dan plastik *polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE), serta *Low Density Polyethylene* (LDPE). Penelitian tersebut memperoleh data bobot ulat jerman yang diberi umpan *pollard* lebih tinggi dibandingkan dengan umpan lainnya.

4.2 Hasil Data Analisis Parameter Fisik pada Kompos

4.2.1 Temperatur Kompos

Temperatur frass ulat menunjukkan tingkat kematangan frass ulat (Wahyono & Sahwan, 2010). Dari penelitian yang dilakukan diperoleh suhu frass ulat sebagai berikut:



Gambar 4.6 Hasil Temperatur pada Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi dari Sampah Organik Domestik

Terjadinya proses komposting ditunjukkan dengan perubahan temperatur pada kompos. Temperatur frass ulat pada Reaktor A dan B berkisar antara 27,4-29,21°C. Temperatur frass ulat yang memenuhi SNI adalah temperatur yang sesuai dengan suhu air tanah yaitu sebesar 30°C. Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa temperatur frass ulat telah sesuai dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

Temperatur frass ulat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur udara, kadar air, dan sirkulasi udara. Temperatur udara yang tinggi mengakibatkan temperatur frass ulat juga menjadi tinggi dan begitupun sebaliknya. Sedangkan, apabila kadar air pada frass ulat tinggi maka dapat

menurunkan temperatur pada kompos. Temperatur frass ulat yang sesuai standar bertujuan agar dapat mempertahankan kualitas kompos. Selain itu, frass ulat juga dapat memperbaiki kualitas lingkungan di tempat frass ulat akan diaplikasikan (Wahyono & Sahwan, 2010).

4.2.2 Warna

Warna merupakan parameter fisik dalam standar kualitas kompos sesuai yang tercantum dalam SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Warna pada frass ulat menunjukkan tingkat kematangan frass ulat. Dari analisis yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Warna Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik

Reaktor	Pengamatan Hari Ke-						Standar Warna pada SNI
	5	10	15	20	25	30	
A	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Kehitaman
B	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	Cokelat Muda	

Dari data pada Tabel 4.1 diketahui bahwa warna frass ulat pada Reaktor A dan B konstan setiap minggunya. Frass ulat yang dihasilkan berwarna cokelat muda pada kedua reaktor. Dalam SNI disebutkan bahwa standar warna kompos yang telah matang adalah berwarna kehitaman. Warna frass ulat yang dihasilkan belum memenuhi standar kualitas kompos sesuai dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Warna pada kompos dipengaruhi oleh penambahan aktivator yang mempercepat proses pematangan kompos (Karyono & Laksono, 2019). Selain itu, kompos yang berwarna kehitaman terjadi akibat adanya pengaruh dari bahan organik yang telah stabil.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Novianti & Asngad (2022) yakni ulat jerman diberi umpan limbah ampas tebu dan bulu ayam selama 5 hari. Didapatkan bahwa ulat jerman dengan umpan limbah ampas tebu 325 gram dan limbah bulu ayam 50 gram menghasilkan kompos berwarna cokelat. Sedangkan, ulat jerman dengan umpan limbah ampas tebu 300 gram dan limbah bulu ayam 75 gram menghasilkan kompos berwarna cokelat kehitaman.

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan warna pada frass ulat tidak kehitaman yaitu seperti kurangnya kandungan bahan organik pada kompos, jenis pakan yang diberikan pada ulat, serta kondisi temperatur yang tidak sesuai. Kurangnya bahan organik pada frass ulat dapat menyebabkan frass ulat yang dihasilkan belum matang atau belum berwarna kehitaman. Selain itu, jenis pakan yang diberikan pada ulat akan berpengaruh pada frass ulat yang dihasilkan oleh ulat jerman. Apabila pakan yang diberikan berupa sayuran hijau seperti sawi maka frass ulat yang dihasilkan oleh ulat jerman cenderung berwarna hijau kehitaman. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan frass ulat lebih lanjut seperti penambahan aktivator untuk mempercepat proses pengomposan sehingga frass ulat yang dihasilkan matang dan berwarna kehitaman. Selain itu, dapat dilakukan fermentasi terlebih dahulu terhadap *pollard* steril dengan penambahan 40% cairan limbah sayuran (Ilmiawan dkk., 2015).

4.2.3 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter fisik dalam standar kualitas kompos. Kadar air yang telah dianalisis diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Rata-rata Kadar Air dan Standar Deviasi dari Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi dari Sampah Organik Domestik

Pengamatan Hari ke-	**Kadar Air (%)**		
	Reaktor A (*Pollard* dan Masker Medis)	**Reaktor B (*Pollard)***	**Standar Maksimal menurut SNI**
5	0,30 ± 0,08	0,40 ± 0,10	50
10	0,11 ± 0,05	0,10 ± 0,03	
15	0,17 ± 0,02	0,14 ± 0,04	
20	0,27 ± 0,14	0,19 ± 0,03	
25	0,19 ± 0,24	0,15 ± 0,09	
30	0,56 ± 0,23	0,66 ± 0,14	

Dari data di atas dapat diketahui bahwa kadar air yang didapatkan pada setiap reaktor tidak lebih dari 1%. Rendahnya kandungan kadar air pada frass ulat berhubungan dengan umpan yang diberikan. *Pollard* dan masker yang diberikan pada ulat sangat minim kadar air. Semakin tinggi suhu maka kandungan air pada kompos akan semakin rendah atau sebaliknya (Raraningsih dkk., 2017). Pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik kadar air pada kompos yang diizinkan maksimal 50%. Data tersebut menunjukkan bahwa kadar air pada frass ulat yang dihasilkan oleh proses biodegradasi telah sesuai dengan SNI.

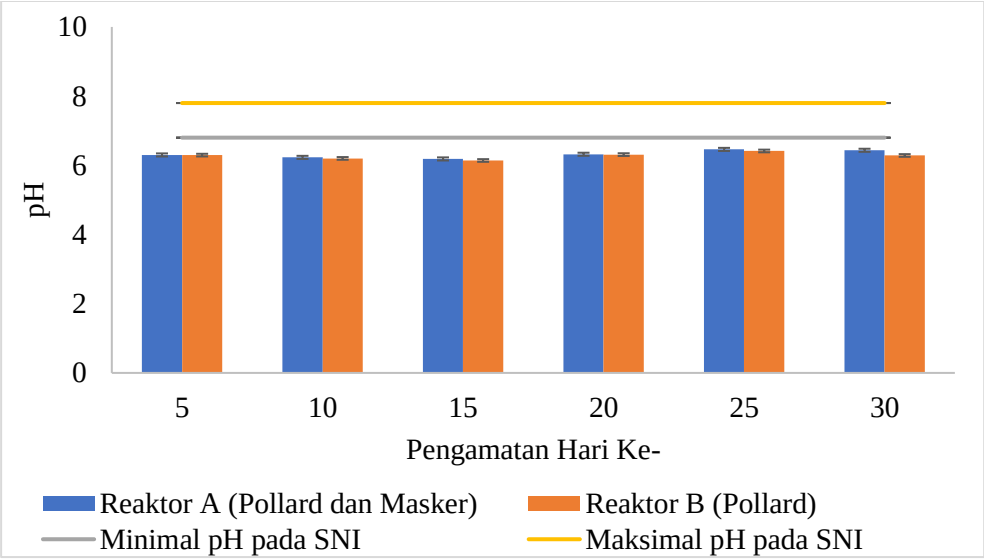
Penelitian oleh Raraningsih dkk. (2017) yaitu ulat jerman yang diberi pakan sawi hijau dan wortel yang difermentasi dengan *Stardec*. Kadar air dari penelitian tersebut telah sesuai dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik yaitu sebesar 35%. Sedangkan, untuk sawi hijau dan wortel yang difermentasi dengan EM4, MOL bonggol pisang, MOL akar bambu, dan MOL nasi nilai kadar air lebih dari 50%. Kadar air tersebut tidak sesuai dengan SNI yang ditetapkan.

Perubahan kadar air dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis pakan yang diberikan pada ulat, temperatur kompos dan ruangan, kelembaban, serta sirkulasi udara. Temperatur yang terlalu tinggi akan

menyebabkan kadar air menjadi rendah. Sedangkan, apabila tingkat kelembaban tinggi maka akan berbanding lurus dengan kadar air yang tinggi juga. Terhambatnya sirkulasi udara menyebabkan kadar air pada frass ulat menjadi tinggi. Apabila kadar air bernilai lebih dari 50% maka berpotensi memicu tumbuhnya jamur yang dapat mengganggu keseimbangan kompos (Wahyono & Sahwan, 2010). Sedangkan, kadar air yang terlalu rendah akan berdampak pada penurunan aktivitas mikroorganisme pada kompos, penurunan temperatur dan kualitas kompos.

4.3 Hasil Analisis Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH atau derajat keasaman pada frass ulat digunakan sebagai parameter pendukung. pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses biodegradasi dan pengomposan (Karyono & Laksono, 2019). Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui perkembangan dari mikroorganisme pada kompos. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh nilai pH sebagai berikut:



Gambar 4.7 Hasil Derajat Keasaman (pH) pada Frass Ulat dengan Pengujian secara Triplo yang Dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik

Menurut SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik nilai pH kompos di antara rentang 6,8-7,49. Pada Reaktor A maupun B nilai pH pada frass ulat yang dihasilkan yaitu berkisar 6,14-6,46. Nilai pH yang dihasilkan tersebut tidak memenuhi standar kualitas kompos yang tercantum pada SNI. Standar pH kompos yang netral merupakan kondisi ideal untuk mikroorganisme pengurai memecah polimer menjadi asam organik. Nilai pH yang netral memudahkan kompos diserap dan digunakan oleh tanaman. Selain itu, pH kompos yang netral juga bertujuan agar mengurangi keasaman pada tanah (Astari, 2011). Nilai pH yang belum memenuhi SNI dapat disebabkan karena belum optimalnya mikroba pada kompos dan bahan kompos yang masih basah (Astari, 2011). Selain itu, nilai pH yang rendah dapat diakibatkan oleh kurangnya kandungan bahan organik pada frass ulat dan penambahan bahan pada frass ulat yang tidak seimbang.

Penelitian yang dilakukan oleh Raraningsih dkk. (2017) yakni ulat jerman diberi pakan sawi hijau dan wortel yang difermentasi dengan *Stardec*. Kompos yang dihasilkan pada penelitian tersebut sesuai dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik yaitu memiliki nilai pH berkisar 6,94-7,43. Peningkatan dan penurunan nilai pH pada kompos disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang terdapat dalam sampah (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Sedangkan, nilai pH kompos yang rendah dapat mengakibatkan mikroorganisme pada kompos sebagian besar mati (Putro dkk., 2016). Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menaikkan pH yaitu dengan menambahkan bahan yang bersifat basa seperti kapur, jerami, dan daun kering.

4.4 Aplikasi Ulat Jerman untuk Pengolahan Sampah Masker Medis di Rumah

Proses biodegradasi sampah masker medis menggunakan ulat jerman dapat diaplikasikan di rumah oleh masyarakat. Ulat Jerman dipelihara dalam reaktor yang terbuat dari kotak plastik yang ukurannya disesuaikan dengan jumlah ulatnya. Pengaplikasian pengolahan sampah masker medis dapat

dimulai dengan memilah dan memisahkan sampah masker dari sampah domestik lainnya. Selanjutnya besi dan karet pada masker medis dipisahkan dan masker dimasukkan ke dalam reaktor.

Diasumsikan dalam 1 Kepala Keluarga (KK) terdiri dari 4 orang. Setiap orang menghasilkan sampah masker medis sebanyak 2 masker per 5 hari. Dengan demikian, maka 1 KK menghasilkan 8 masker medis dalam 5 hari. Dimana 1 masker medis memiliki berat 2,5 gr sehingga sampah masker medis yang dihasilkan sebanyak 20 gr/5 hari. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa 200 ekor ulat jerman dengan berat total sekitar 100 gr dapat mendegradasi masker medis sebanyak 0,98 gr per 5 hari. Oleh karena itu, dibutuhkan sekitar 4000 ekor ulat jerman atau setara dengan 2000 gr untuk mendegradasi 8 masker medis yang dihasilkan dalam waktu 5 hari.

Degradasi sampah masker dapat dikombinasikan dengan pemberian sampah sayuran yang dihasilkan di rumah. Sampah sayuran dapat berupa sawi, wortel, kentang, jagung, serta sayuran lainnya yang mengandung serat dan kadar air yang cukup untuk ulat jerman. Hasil degradasi sampah tersebut berupa frass ulat yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai kompos untuk tanaman di rumah.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis laju penguraian dan parameter fisik pada ulat jerman yang diberi pakan *pollard* dan masker, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis laju penguraian didapatkan reaktor B dengan ulat jerman diberi pakan *pollard* memiliki nilai laju penguraian yang lebih tinggi daripada reaktor A dengan ulat jerman yang diberi pakan *pollard* dan sampah masker medis.
2. Nilai konsumsi umpan tertinggi di reaktor B yaitu 100% dan reaktor A sebesar 81,73±0,05%. Pada reaktor A diketahui bahwa dari 10 gram sampah masker yang diberikan, ulat jerman dapat mendegradasi hingga 9,8% sampah masker tersebut dalam waktu 5 hari. Hasil Indeks Reduksi Limbah (*Waste Reduction Index/*WRI) pada reaktor B lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor A. WRI tertinggi di reaktor B sebesar 20% dan reaktor A sebesar 16,37±0,02%. Sedangkan, biomassa ulat pada reaktor A sebesar 578±0,067 mg/ekor dan pada reaktor B sebesar 632±0,033 mg/ekor.
3. Hasil analisis parameter fisik pada frass ulat terkait temperatur frass ulat dan kadar air telah memenuhi SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Temperatur frass ulat yang dihasilkan berkisar 27,4-29°C dengan temperatur maksimal menurut SNI sebesar 30°C. Sedangkan, kadar air berkisar pada 0,11-0,66% dengan kadar air maksimal pada SNI sebesar 50%.
4. Hasil analisis parameter fisik pada frass ulat terkait warna dan pH belum memenuhi SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Warna frass ulat yang dihasilkan yaitu cokelat muda dengan standar pada SNI kehitaman. Sedangkan pH

berkisar pada rentang 6,14-6,46 dengan standar minimal pada SNI sebesar 6,8.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya. Saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait variasi umpan masker dan *pollard* terhadap ulat jerman sehingga degradasi terjadi secara optimal.
2. Perlu dilakukannya analisis durasi waktu yang optimal untuk mendegradasi masker secara utuh oleh ulat jerman.
3. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai jumlah dan umur ulat jerman yang digunakan pada awal penelitian sehingga proses degradasi sampah dilakukan secara optimal.
4. Pemeliharaan ulat jerman sebaiknya dilakukan di dalam ruangan yang tertutup dengan suhu ruangan yang stabil.
5. Pengukuran temperatur ruangan sebaiknya dilakukan lebih dari 1 kali dalam sehari untuk mengetahui rerata temperatur ruangan di dalam satu hari.
6. Perlu dilakukannya analisis lebih lanjut terkait parameter yang belum memenuhi standar kompos sesuai SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.
7. Perlu dilakukannya penelitian menggunakan FTIR untuk mengetahui kandungan mikroplastik pada kompos tersebut.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

ACR. (2020). *Municipal Waste Management and Covid-19*. Diambil kembali dari https://www.acrplus.org/en/municipal-waste-management-COVID-19.

Adisasmita, R. (2008). *Pengembangan wilayah: Konsep dan teori*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Amalia, V., Hadisantoso, E. P., Wahyuni, I. R., & Supriatna, A. M. (2020). Penanganan Limbah Infeksius Rumah Tangga Masa Wabah Covid-19. *Lp2M*, 1-7.

Astari, L. P. (2011). Kualitas Pupuk Kompos Bedding Kuda dengan Menggunakan Aktivator Mikroba yang Berbeda. *Skripsi*. IPB Bogor.

Axmalia, A., & Sinanto, R. A. (2021). Pengelolaan Limbah Infeksius Rumah Tangga pada masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 70-76.

Budiman, A. S., Rebia, R. A., Hidayah, F. N., Septyani, D. W., & Isla, S. A. (2022). Analisis Mekanik Lembaran Plastik Hasil Pengolahan Limbah Masker Medis Tiga Lapis dengan Variasi Berat. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 73-78.

Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). *Pengelolaan Sampah.* Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.

Darmasetiawan, M. (2004). *Sampah dan Sistem Pengelolaannya.* Jakarta: Ekamitra Engineering.

Diener. (2010). *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., & Tockner, K. (2009). Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae - Establishing Optimal Feeding Rates. *Waste Management & Research*, 603-610.

Fadlilah, F. R., & Shovitri, M. (2014). Potensi Isolat Bakteri Bacillus dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2).

Fernalia, Pawiliyah, Rahmawati, I., Juksen, L., Sanisahhuri, & Rizal, S. (2021). Sosialisasi Penggunaan Masker dan Pembagian Masker kepada Warga untuk Pencegahan Covid 19 di Pasar Tradisional Kota Bengkulu. *Jurnal Kreativitas Pengabdian kepada Masyarakat (PKM)*, 10-17.

Firdaus, F. (2011). *Kualitas Pupuk Kompos Campuran Kotoran Ayam dan Batang Pisang Menggunakan Bioaktivator MOL Tapai.* IPB Bogor.

Fitria, H., Ahmad, T. L., & Rizaq, S. U. (2022). Pemanfaatan Masker Limbah COVID-19 Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Metode Jurnal Teknik Industri Vol. 8 (1)*, 41-50.

Friederich, U., & Volland, W. (2004). *Breeding Food Animals : Live Food for Vivarium Animals.* Malabar: Krieger Publishing Company.

Fursov, V. N., & Cherney, L. S. (2018). Zophobas Atratus (Fabricius, 1775) - New Genius and Species of Darkling Beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) for The Fauna of Ukraine. *Ukranian Entomological Journal*, 10-24.

Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *waste management*.

Hakim, A. R. (2017). Produksi Bahan Pakan Ikan dari Larva Hermetia illucens Berbasis Limbah Industri Pengolahan Ikan dan Kajuan Keenomoiannya. *Tesis*. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.

Hakim, A. R., Prasetya, A., & Petrus, H. T. (2017). Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*. *JPB Kelautan dan Perikanan Vol.12 No.2*, 179-192.

Hapsari, D. G., Fuah, A. M., & Endrawati, Y. C. (2018). Produktivitas Ulat Hongkong (Tenebrio molitor) pada Media Pakan yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 53-39.

Hayat, & Zayadi, H. (2018). Model Inovasi Pengelolaan Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Ketahanan* Pangan. 131-141.

Hidayah, F. N., Alendra, M. R., & Fuad, D. A. (2022). Composite Manufacturing of Recycled Polypropylene Fiber-Reinforced Epoxy Made of Medical Mask Waste. *JMPM : Jurnal Material dan Proses Manufaktur Vol. 6* , 29-35.

Ichikawa, T., Kurauchi, T., & Yamawaki, Y. (2012). Defensive Gin-Trap Closure Response of Tenebrionid Beetle, Zophobas atratus, Pupae. *Journal of Insect Science*, 1-13.

Ilmiawan, T., Sulistiyanto, B., & Utama, C. S. (2015). Pengaruh Penambahan Pollard Fermentasi dalam Pellet terhadap Serat Kasar dan Kualitas Fisik Pellet. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 143-152

Islami, A. N. (2019). Biodegradasi Plastik oleh Mikroorganisme.*Journal of Chemical Information and Modeling*, 1689-1699.

Jiang, S., Su, T., Zhao, J., & Wang, Z. (2021). Biodegradation of Polystyrene by Tenebrio molitor, Galleria mellonella, and Zophobas atratus Larvae and Comparison of Their Degradation Effects. *Polymers*, 1-13.

Jucker, C., Lupi, D., Moore, C. D., & Leonardi, M. G. (2020). Nutrient Recapture from Insect Farm Waste : Bioconversion with Hermentia

illucens (L.) (Diptera : Stratiomyidae). *Sustainability 2020, 12, 362*, 1-14.

Karyono, T., & Laksono, J. (2019). Kualitas Fisik Kompos Feses Sapi Potong dan Kulit Kopi dengan Penambahan Aktivator Mol Bongkol Pisang dan EM4. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 154-162.

KemenLHK.Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah. https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi. Diakses tanggal 15 Mei 2022.

Maimunawaro. (2021). Review terhadap Penanganan Limbah Masker dalam Masa Awal Pandemi Covid-19. *Jurnal Agitasi*, 20-22.

Mokodompis, D., Budiman, & Baculu, E. P. (2018). Efektivitas Mikroorganisme Lokal Mol Limbah Sayuran dan Buah-buahan sebagai Aktifator Pembuatan Kompos. *Jurnal Kolaboratif Sains Vol 1. No.1*, 94-103.

Munandi. Ulat Jerman Lebih Aman Daripada Ulat Hongkong. https://omkicau.com/2013/09/22/ulat-jerman-lebih-aman-daripada-ulat-hongkong/. Diakses tanggal 5 Juni 2022.

Nugroho, & Panji. (2013). *Panduan Membuat Kompos Cair*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.

Novianti, I. P., & Asngad, A. (2022). Pemanfaatan Limbah Tebu dan Bulu Ayam sebagai Bahan Baku POP dengan Penambahan Lumbriscus terrestris dan Zophobas morio sebagai Dekomposer. *Artikel Pemakalah Paralel*, 104-110.

Okoh, A. I. (2006). Biodegradation Alternative in the Cleanup of Petroleum Hydrocarbon Pollutants. *Biotechnology and Molecular Biology*, 38-50.

Pangestu, W., Prasetya, A., & Cahyono, R. B. (2017). Pengolahan Limbah Kulit Pisang dan Nangka Muda Menggunakan Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens). *Simposium Nasional RAPI XVI – 2017 FT UMS*, 97-101.

Prata, C. J., Silva, A. L., Duarte, A. C., & Santos, T. R. (2021). Disposable over Reusable Face Masks: Public Safety or Environmental Disaster?. *environments-MDPI*, 1-10.

Purnamasari, D. K., Syamsuhaidi, Woryawan, K. G., Nurmaya, & Erwan. (2018). Growth and Survival Rate of Larvae Tenebrio molitor Provided by Different Feed Media. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 17-23.

Putra, I. L. I., & Ma'aruf, N. (2022). Laju Degradasi Beberapa Jenis Plastik Menggunakan Ulat Hongkong (Tenebrio molitor L.) dan Ulat Jerman (Zophobas atratus F.) Degradation. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *23*(1), 1–8.

Putra, T. I., Setyowati, N., & Apriyanto, E. (2019). Identifikasi Jenis dan

Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Rumah Tangga : Studi Kasus Kelurahan Pasar Tais Kecamatan Seluma Kabupaten Seluma. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 49-61.

Putro, B. P., Samudro, G., & Nugraha, W. D. (2016). Pengaruh Penambahan Pupuk NPK dalam Pengomposan Sampah Organik secara Aerobik menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya. *Jurnal Teknik Lingkungan, Vol 5, No.2*, 1-10.

Quennedey, A., Aribi, N., Everaerts, C., & Delbecque, J.-P. (1995). Postembryonic Development of Zophobas atratus Fab. (Coleoptera: Tenebrionidae) Under Crowded or Isolated Conditions and Effects of Juvenile Hormone Analogue Applications. *Journal of Insect Physiology*, 143-152.

Rahman, Z. B., Hamidi, E. A., & Kamelia, L. (2018). Sistem Pengaturan Suhu pada Kandang Ulat Jerman Menggunakan Arduino Uno. *SENTER 2018 : Seminar Nasional Teknik Elektro 2018*, 103-109

Raraningsih, S. D., Sutrisno, E., & Purwono. (2017). Pemanfaatan Ulat Jerman (Superworm) dalam Pengolahan Limbah Pasar Sayur Sawi Hijau dan Wortel menjadi Kompos. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-19.

Rohman, F., Saefulhadjar, D., & Sinaga, S. (2022). Pengaruh Pemberian Media Nutrisi yang Berbeda Terhadap Pertambahan Bobot Badan, Konversi Pakan dan Daya Hidup Ulat Jerman (Zophobas morio). *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 53-38.

Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2021). The Superworm, Zophobas morio (Coleoptera : Tenebrionidae) : A 'Sleeping Giant' in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*, 1-11.

Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S., & Boroujeni, M. (2021). Repurposing of Covid-19 Single-Use Face Masks for Pavements Base/Subbase. *Science of the Total Environment*, 1-8.

Santoso, E. P., Afrila, A., & Fitasari, E. (2017). Peningkatan Produksi Ulat Jerman Melalui Kombinasi Pemanfaatan Limbah Sayuran Pasar Pada Formulasi Media Pakan Yang Berbeda. *Buana Sains*, 33-42.

Sihombing, D. T. (1999). *Ilmu Ternak.* Yogyakarta: Gajah Mada Univ Pr.

Silalahi, U. (2015). *Metode Penelitian Sosial Kuantitatif.* Bandung: PT Refika Aditama.

SNI 19-7030-2004. Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management.* New York: McGraw Hill Handbooks.

Tschinkel, W. R. (1969). Phenols and Quinones from The Defensive Secretions of The Tenebrionid Beetle, Zophobas rugipes. *Journal of Insect Physiology*, 193-200.

Tschinkel, W. R., & Willson, C. D. (1971). Inhibition of Pupation Due to Crowding in Some Tenebrionid Beetles. *Journal of Experimental Zoology*, 137-145.

Wahyono, S., & Sahwan, F. L. (2010). Standarisasi Kompos Berbahan Baku Sampah Kota. JRL Vol.6 No.3, 223-233.

Yang, Y., Wang, J., & Xia, M. (2019). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic eating superworms Zophobas atratus. *Journal Pre-proof.*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

Lampiran I. Dokumentasi Penelitian



Gambar I.1 Penimbangan Umpan Reaktor A dan B



Gambar I.2 Reaktor A dan B



Gambar I.3 Pengukuran pH Kompos



Gambar I.4 Pengukuran Kadar Air



Gambar I.5 Pengukuran Temperatur Ruangan



Gambar I.6 Kotoran Ulat Hasil Biodegradasi



Gambar I.7 Masker yang Terdegradasi



Gambar I.8 Warna pada Kompos

Lampiran II. Data dan Tabel Perhitungan

Tabel II.1 Data Analisis Konsumsi Umpan pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Reaktor	Konsumsi Umpan (%) Pengamatan Hari ke-					
	5	10	15	20	25	30
A1	81,33%	81,72%	71,93%	55,71%	22,07%	11,15%
A2	81,02%	81,81%	75,93%	61,74%	29,92%	15,20%
A3	80,99%	81,74%	75,82%	59,38%	25,88%	16,78%
B1	100%	100%	86%	74%	30%	22%
B2	100%	100%	96%	84%	44%	32%
B3	100%	100%	92%	80%	38%	28%

*Keterangan: Data berwarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi

Tabel II.2 Data Analisis Indeks Reduksi Limbah (*Waste Reduction Index*/WRI) pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Reaktor	WRI (%) Pengamatan Hari ke-					
	5	10	15	20	25	30
A1	16,27%	16,34%	16,39%	11,14%	4,41%	2,23%
A2	16,20%	16,36%	16,35%	12,35%	5,98%	3,04%
A3	16,20%	16,35%	16,36%	11,88%	5,18%	3,36%
B1	20,0%	20,0%	17,2%	14,8%	6,0%	4,4%
B2	20,0%	20,0%	19,2%	16,8%	8,8%	6,4%
B3	20,0%	20,0%	18,4%	16,0%	7,6%	5,6%

*Keterangan: Data berwarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi

Tabel II.3 Data Analisis Biomassa Ulat pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Reaktor	Biomassa Ulat (mg/ekor) Pengamatan Hari ke-					
	5	10	15	20	25	30
A1	0,41	0,43	0,47	0,51	0,54	0,55
A2	0,51	0,53	0,58	0,65	0,67	0,68
A3	0,44	0,46	0,49	0,55	0,58	0,61
B1	0,45	0,47	0,52	0,60	0,63	0,65
B2	0,51	0,52	0,54	0,57	0,60	0,62
B3	0,41	0,42	0,46	0,52	0,55	0,58

*Keterangan: Data berwarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi

Tabel II.4 Data Berat Ulat Total pada Setiap Reaktor dengan Pengujian secara Triplo

Reaktor	Berat Total Ulat (gr) Pengamatan Hari ke-					
	5	10	15	20	25	30
A	84,5	88,5	89,5	75,5	37,0	35,0
B	85,0	98,5	80,5	74,5	51,5	46,5

Tabel II.5 Data Jumlah Ulat pada Setiap Reaktor

Reaktor	Jumlah Ulat (ekor) Pengamatan Hari ke-					
	5	10	15	20	25	30
A1	200	200	167	131	82	75
A2	200	200	155	82	54	50
A3	200	200	181	153	66	59
B1	200	200	153	120	75	65
B2	200	200	182	161	134	123
B3	200	200	176	148	101	88

Tabel II.6 Data Berat Kompos yang Dihasilkan dengan Pengujian secara Triplo

REAKTOR	Berat Kompos (gr) Pengamatan Hari ke-					
	5	10	15	20	25	30
A	29	30	25	20	10	5
B	39	41	36	32	11	8

Tabel II.7 Data Temperatur Ruangan pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian

Temperatur (°C) Pengamatan Hari ke-					
5	10	15	20	25	30
26,0	26,7	26,7	27,9	28,4	27,8

Tabel II.8 Data Analisis Temperatur Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Reaktor	Temperatur Kompos (°C) Pengamatan Hari Ke-					
	5	10	15	20	25	30
A1	27,9	27,4	28,78	29,2	28,8	28,7
A2	27,9	27,5	28,94	29,1	28,4	28,5
A3	28,3	27,4	28,90	28,6	28,1	28,5
B1	28,6	27,6	29,0	29,2	29,2	28,4
B2	28,4	27,5	29,1	29,0	28,6	28,5
B3	28,4	27,6	29,1	28,0	29,2	28,6

*Keterangan: Data berwarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi

Tabel II.9 Hasil Rata-rata dan Standar Deviasi dari Temperatur Kompos dengan Pengujian Secara Triplo

Reaktor	Temperatur Kompos (°C) Pengamatan Hari Ke-					
	5	10	15	20	25	30
Mean A	27,9	27,4	28,9	29,2	28,2	28,5
Standar Deviasi A	0,22	0,03	0,09	0,34	0,37	0,11
Mean B	28,39	27,62	29,13	29,10	29,21	28,46
Standar Deviasi B	0,12	0,06	0,10	0,64	0,35	0,11

Tabel II.10 Data Analisis pH pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Reaktor	Nilai pH Pengamatan Hari Ke-					
	5	10	15	20	25	30
A1	6,25	6,24	6,17	6,34	6,47	6,47
A2	6,3	6,19	6,24	6,46	6,65	6,4
A3	6,3	6,22	6,2	6,3	6,45	6,65
B1	6,31	6,29	6,15	6,31	6,41	6,67
B2	6,28	6,19	6,13	6,32	6,34	6,27
B3	6,38	6,21	6,23	6,3	6,42	6,3

*Keterangan: Data berwarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi

Tabel II.11 Hasil Rata-rata dan Standar Deviasi dari pH Kompos dengan Pengujian Secara Triplo

Reaktor	Pengamatan Hari Ke-					
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**
Mean A	6,30	6,23	6,19	6,32	6,46	6,44
Standar Deviasi A	0,029	0,025	0,035	0,083	0,110	0,129
Mean B	6,30	6,20	6,14	6,31	6,42	6,29
Standar Deviasi B	0,051	0,053	0,053	0,010	0,044	0,223

Tabel II.12 Data Analisis Warna pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Pengamatan Hari ke-	Reaktor A	Reaktor B
5	Cokelat muda	Cokelat muda
10	Cokelat muda	Cokelat muda
15	Cokelat muda	Cokelat muda
20	Cokelat muda	Cokelat muda
25	Cokelat muda	Cokelat muda
30	Cokelat muda	Cokelat muda

Tabel II.13 Data Analisis Kadar Air pada Kompos Selama 30 Hari Penelitian pada Reaktor A dan B

Reaktor	Nilai pH Pengamatan Hari Ke-					
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**
A1	0,29%	0,14%	0,18%	0,28%	0,19%	0,56%
A2	0,44%	0,03%	0,17%	0,50%	0,19%	0,56%
A3	0,30%	0,09%	0,13%	0,25%	0,61%	0,96%
B1	0,40%	0,11%	0,13%	0,24%	0,29%	0,64%
B2	0,40%	0,15%	0,21%	0,18%	0,11%	0,67%
B3	0,22%	0,09%	0,15%	0,19%	0,18%	0,41%

*Keterangan: Data berwarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi

Tabel II.14 Hasil Rata-rata dan Standar Deviasi Kadar Air dari Kompos dengan Pengujian Secara Triplo

Reaktor	Pengamatan Hari Ke-					
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**
Mean A	0,30%	0,11%	0,17%	0,27%	0,19%	0,56%
Standar Deviasi A	0,08%	0,05%	0,02%	0,14%	0,24%	0,23%
Mean B	0,40%	0,10%	0,14%	0,19%	0,15%	0,66%
Standar Deviasi B	0,10%	0,03%	0,04%	0,03%	0,09%	0,14%

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

RIWAYAT HIDUP

Andyani Ananda Putri merupakan nama dari penulis tugas akhir ini. Pada tanggal 7 Januari 2001 penulis lahir di Sintang, Kalimantan Barat. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dengan Ayah bernama Eddy Wahyudin dan Ibu bernama Yuliani. Penulis menempuh pendidikan mulai dari SDN 1 Sintang (2007-2013), SMPN 1 Sintang (2013-2016), SMA Taruna Bumi Khatulistiwa (2016-2019), hingga dapat menempuh perkuliahan di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia sejak tahun 2019.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun nonakademik. Dalam bidang akademik, penulis menjadi asisten praktikum mikrobiologi lingkungan pada tahun 2022. Selain itu, penulis menjadi asisten tugas besar mata kuliah drainase dan sewerage, serta pengelolaan sampah (2022). Penulis juga menjadi asisten praktikum kimia lingkungan dan praktikum laboratorium lingkungan pada tahun 2023.

Dalam kegiatan nonakademik, penulis mengikuti kepanitiaan dalam acara Lintas Lingkungan 2020. Penulis juga menjadi staff pendidikan di *Millenial Youth Action* pada tahun 2021. Selain itu, penulis menjadi sekretaris UKM Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan UII periode 2021 dan sekretaris regional 3 Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia Periode 2021/2022.