

TUGAS AKHIR

**ANALISIS HASIL BIODEGRADASI SAMPAH
MASKER MEDIS DENGAN ULAT HONGKONG
(*Tenebrio molitor L.*) MENGGUNAKAN PARAMETER
KIMIA**

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



DAHAYU WIRASTUTI
19513082

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL BIODEGRADASI SAMPAH MASKER MEDIS DENGAN ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor L.*) MENGGUNAKAN PARAMETER KIMIA

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



DAHAYU WIRASTUTI
19513082

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 155130507

Tanggal: 21 Agustus 2023

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

NIK. 155130505

Tanggal: 21 Agustus 2023



Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliana, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal: 22 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN*

**ANALISIS HASIL BIODEGRADASI SAMPAH MASKER MEDIS
DENGAN ULAT HONGKONG (*Tenebrio molitor L.*) MENGGUNAKAN
PARAMETER KIMIA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : *Rabu*
Tanggal : *16 Agustus 2023*

Disusun Oleh:

**DAHAYU WIRASTUTI
19513082**

Tim Penguji :

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

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech., Ph.D

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

(*F.M.*)
(*Annisa Nur Lathifah*)
(*Dewi Wulandari*)

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 tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab 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 sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 16 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Dahayu Wirastuti

NIM: 19513082

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan dengan judul “Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis dengan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan Parameter Kimia”. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Pada proses penyusunan laporan tugas akhir ini telah melewati beberapa tahapan sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang memberikan kemampuan penulis dapat menerima ilmu pengetahuan dengan mudah dan lancar, diberikan kesehatan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang sudah memberikan waktu, ilmu, dan bimbingan selama penulisan tugas akhir.
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang sudah memberikan kritikan dan saran terhadap penulisan tugas akhir.
4. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Subiyantoro dan Ibu Erna Dewistuti serta keluarga penulis yang memberikan dukungan, doa, dan penyemangat sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Dahayu Wirastuti selaku penulis yang sudah mampu melewati semua rintangan selama masa kuliah dengan tanggung jawab dan berkomitmen yang disertai dengan usaha serta doa.
6. Seluruh staf administrasi dan staf Laboratorium Program Studi Teknik

Lingkungan.

7. Rekan kerjasama tugas akhir Andyani, Akbar, Arsyad, Fachrizal, dan Rizky yang saling menguatkan dan membantu satu sama lain.
8. Rekan dan sahabat KKN Anggun dan Ipeh yang selalu memberikandukungan satu sama lain.
9. Teman kelompok Hari-Hari Piknik yang selalu memberikan dukungansatu sama lain.
10. Teman-teman teknik lingkungan angkatan 2019 yang selalu memberikaninformasi terkini.
11. Seluruh pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis berharap pembaca dapat memberikan saran dan kritik yang membangun. Dengan demikian penulis berharap saran dan kritik dapat membantu dalam proses yang akan mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat digunakan sebaik mungkin oleh penulis dan pihak lain.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 16 Agustus 2023

Dahayu Wirastuti

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

DAHAYU WIRASTUTI. Analisis Hasil Biodegradasi Limbah Masker Medis dengan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan Parameter Kimia. Dibimbing oleh Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech., M.Agr., Ph.D.

Peningkatan sampah masker medis merupakan salah satu dampak dari pandemi COVID 19. Hal ini dikarenakan khususnya masyarakat umum masih belum mengetahui cara mengelola sampah masker medis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi dan hasil biodegradasi limbah masker medis menjadi kompos oleh ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*). Di samping itu penelitian ini juga membahas pengujian biodegradasi masker medis menggunakan parameter kimia. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan tiga kali pengulangan pengujian (*triplicate*) dengan membandingkan hasil uji parameter dengan SNI 19-7030-2004 tentang kualitas kompos. Kompos pada penelitian ini berasal dari *frass* atau kotoran ulat hongkong hasil biodegradasi sampah masker medis. Selain itu juga perhitungan dalam setiap parameter mengacu pada ISBN Juknis Analisis Kimia. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa laju penguraian dalam biodegradasi masker medis belum maksimal dikarenakan pada reaktor A berisi sampah masker medis 45 gr dan *pollard* 5 gr sedangkan reaktor B hanya *pollard* saja. Selain itu pada uji nilai karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium beberapa sudah memenuhi SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Namun hasil nilai rasio C/N tidak memenuhi standar karena dekomposisi pada karbon sangat cepat.

Kata kunci: Biodegradasi, Kompos, Parameter Kimia, Ulat hongkong

ABSTRACT

DAHAYU WIRASTUTI. Analysis of Medical Mask Waste Biodegradation Results with Mealworms (*Tenebrio molitor* L.) Using Chemical Parameters. Supervised by Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. and Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech., M.Agr., Ph.D.

*The increase in medical mask waste is one of the impacts of the COVID-19 pandemic. This is because, in particular, the general public still does not know how to manage medical mask waste. This study aims to analyze the efficiency and biodegradation results of medical mask waste into compost by the Hong Kong caterpillar (*Tenebrio molitor* L.). In addition, this study also discusses medical mask biodegradation tests using chemical parameters. This research used an experimental method with three repetitions of the test (triplicate) by comparing the parameter test results with SNI 19-7030-2004 concerning compost quality. The compost in this study came from frass or Hong Kong caterpillar excrement resulting from the biodegradation of medical mask waste. In addition, calculations for each parameter refer to the ISBN Technical Analysis Manual. The results of this study indicate that the rate of decomposition in the biodegradation of medical masks is not maximized because reactor A contains 45 grams of medical mask waste and 5 grams of pollard, while reactor B only contains pollard. Apart from that, in the test for the values of carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium, some have complied with SNI 19-7030-2004 concerning specifications for composting from domestic organic waste. However, the results of the C/N ratio did not meet the standards because the decomposition of carbon was speedy.*

*Keywords: Biodegradation, Compost, Chemical Parameters, Mealworm (*Tenebrio molitor* L.)*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| PRAKATA..... | i |
| ABSTRAK..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Asumsi Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Ruang Lingkup..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Sampah Masker Medis..... | 5 |
| 2.2 Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor</i> L.)..... | 6 |
| 2.3 Biodegradasi..... | 9 |
| 2.4 Kompos..... | 10 |
| 2.5 <i>Pollard</i> | 12 |
| 2.6 Penelitian Terdahulu..... | 13 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 20 |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian..... | 20 |
| 3.2 Metode Penelitian..... | 20 |
| 3.3 Prosedur Analisis Data..... | 21 |
| 3.3.1 Proses Pengolahan Data Laju Penguraian..... | 22 |
| 3.3.2 Proses Pengolahan Data dengan Parameter Kimia..... | 24 |

| | |
|--|----|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 31 |
| 4.1 Hasil Data Analisis Laju Penguraian..... | 31 |
| 4.1.1 Indeks Pengurangan Sampah (<i>Waste Reduction/WRI</i>) | 33 |
| 4.1.2 Suhu Ruangan | 34 |
| 4.1.3 Berat Kompos | 35 |
| 4.2 Hasil Data Analisis Parameter Kimia..... | 37 |
| 4.2.1 Parameter Karbon | 37 |
| 4.2.2 Parameter Nitrogen | 39 |
| 4.2.3 Rasio C/N..... | 40 |
| 4.2.4 Parameter Fosfor | 41 |
| 4.2.5 Parameter Kalium | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 46 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 46 |
| 5.2 Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA | 49 |
| LAMPIRAN..... | 53 |
| RIWAYAT HIDUP | 61 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Kandungan Nutrisi Ulat Hongkong | 9 |
| Tabel 2. 2 Standar Kualitas Kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 | 10 |
| | |
| Tabel 3. 1 Variasi Pemberian Pakan dan Sampah Masker Medis Pada Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor L.</i>)..... | 21 |
| Tabel 3. 2 Metode Analisis Data Pengujian Ulat Hongkong (<i>Tenebrio molitor L.</i>) | 22 |
| Tabel 3. 3 Alat dan Bahan Uji Karbon..... | 24 |
| Tabel 3. 4 Alat dan Bahan Uji Nitrogen | 26 |
| Tabel 3. 5 Alat dan Bahan Uji Kalium..... | 28 |
| Tabel 3. 6 Alat dan Bahan Uji Fosfor | 29 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Skema Transmisi Sampah Masker Medis Menjadi Mikroplastik Melalui Rantai Makanan | 6 |
| Gambar 2. 2 Siklus Hidup Ulat Hongkong | 7 |
| | |
| Gambar 3. 1 Cara Kerja Termometer | 23 |
| Gambar 3. 2 Cara Kerja Indeks Pengurangan Sampah (WRI)..... | 23 |
| Gambar 3. 3 Cara Kerja Pengujian Karbon (C) | 25 |
| Gambar 3. 4 Cara Kerja Pengujian Nitrogen | 27 |
| Gambar 3. 5 Cara Kerja Pengujian Kalium (K) | 29 |
| Gambar 3. 6 Cara Kerja Pengujian Fosfor (P) | 30 |
| | |
| Gambar 4. 1 Grafik Laju Penguraian oleh Ulat Hongkong dalam Pemberian <i>Pollard</i> sebagai Bak Pengontrol di Reaktor A dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 31 |
| Gambar 4. 2 Grafik Laju Penguraian Biodegradasi Sampah Masker Medis oleh Ulat Hongkong dan ditambah <i>Pollard</i> di Reaktor B dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 32 |
| Gambar 4. 3 Hasil Standar Deviasi Nilai <i>Waste Reduction Index</i> (WRI)/Indeks Pengurangan Sampah Pada Setiap Reaktor dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 33 |
| Gambar 4. 4 Hasil Nilai Pengukuran Suhu Ruangan Pada Setiap Reaktor dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 35 |
| Gambar 4. 5 Hasil Standar Deviasi Nilai Berat Kompos Pada Setiap Reaktor dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 36 |
| Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Karbon dengan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 38 |
| Gambar 4. 7 Perbandingan Nilai Kadar Nitrogen dan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 39 |
| Gambar 4. 8 Hasil Nilai Rasio C/N dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 40 |
| Gambar 4. 9 Perbandingan Nilai Kadar Fosfor dan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 42 |
| Gambar 4. 10 Perbandingan Nilai Kadar Kalium dan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (<i>triplicate</i>) | 43 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran I Dokumentasi Penelitian | 54 |
| Lampiran II Data dan Tabel Perhitungan..... | 56 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan masker medis sekali pakai merupakan salah satu proteksi dasar untuk mencegah penularan COVID-19. Salah satu wilayah di Indonesia yang terkonfirmasi COVID-19 pada tahun 2021 adalah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan total konfirmasi positif sebesar 16.092 orang (Apriliyanti, 2022). Dengan hasil yang terkonfirmasi positif COVID 19, DIY lebih memperkuat protokol kesehatan dengan penggunaan masker sekali pakai. Hal ini disarankan oleh pemerintah untuk meminimalisir penularan COVID-19 melalui udara. Meskipun sejauh ini kasus tersebut telah menurun namun peraturan pemerintah mengenai protokol kesehatan dengan menggunakan masker di tempat umum tetap tidak berubah (Amuah, 2022).

Pada umumnya masker medis merupakan salah satu bahan yang terbuat dari jenis plastik *Polypropylene* (PP) yang berasal dari minyak bumi dan bersifat tidak dapat terurai secara alami (*non- biodegradable*). Di dalam setiap lapisan masker memiliki fungsi dengan jenis bahan yang berbeda-beda yang sudah disesuaikan dengan standar (Jemec Kokalj, 2022). Ada beberapa bahan pembuatan masker medis yang sulit terurai secara alami. Apabila penguraian tidak dikelola dengan baik maka dapat menimbulkan pencemaran lingkungan baik darat maupun perairan. Sampah masker medis termasuk golongan limbah padat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang perlu penanganan khusus dalam pengelolaannya (Kasdjono, 2022). Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 Pasal 276 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah yang dihasilkannya.

Disisi lain pencemaran dapat mempengaruhi ekosistem maupun rantai makanan makhluk hidup. Dampak kerusakan lingkungan tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sampah masker medis yang terkena

paparan sinar UV matahari secara terus menerus sehingga dapat melapukkan menjadi partikel lebih kecil atau dapat dikatakan sebagai mikroplastik (Akber Abbasi, 2020). Oleh karena itu perlu adanya cara untuk mengelola sampah masker medis salah satunya menggunakan biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses aktivitas biologis dengan menguraikan suatu senyawa kompleks menjadi sederhana menggunakan organisme. Dalam proses penguraian senyawa tergantung pada variasi organisme karena setiap organisme memiliki karakteristik yang berbeda (Dwicania, 2019).

Proses biodegradasi sampah masker medis dalam penelitian ini menggunakan ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) (Gesriantuti, 2022). Pada pencernaan ulat hongkong terdapat mikroorganisme yang dapat menurunkan kadar amonium dalam proses biodegradasi. Hasil biodegradasi sampah masker medis oleh ulat hongkong berupa kotoran ulat hongkong (*frass*). *Frass* dari ulat hongkong memiliki kandungan unsur hara sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kompos (Houben D, 2020). Dengan demikian adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengelolaan sampah masker medis yang dapat dilakukan oleh masyarakat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan tinjauan latar belakang mengenai analisis hasil biodegradasi sampah masker medis dengan ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan parameter kimia, sebagai berikut:

1. Bagaimana laju penguraian sampah masker medis oleh ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*)?
2. Apakah kompos yang dihasilkan berdasarkan parameter kimia (karbon, nitrogen, fosfor, kalium, rasio C/N) telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan pada SNI 19-7030-2004?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian analisis efisiensi hasil biodegradasi sampah masker medis dengan ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan parameter kimia bertujuan, sebagai berikut :

1. Menginvestigasi laju penguraian sampah masker medis oleh ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*).
2. Menguji kualitas hasil kompos berdasarkan parameter kimia (karbon, nitrogen, fosfor, kalium, rasio C/N) yang dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini bermanfaat, sebagai berikut :

1. Bagi mahasiswa, dapat menambah pengetahuan dan mengembangkan ilmu pengetahuan dari sisi teknik lingkungan maupun sosial masyarakat.
2. Bagi masyarakat, dapat memberikan salah satu solusi dalam menguraikan limbah masker medis sekali pakai.
3. Bagi perguruan tinggi, dapat menambah hasil penelitian ilmu pengetahuan dari mahasiswa melalui sisi teknik lingkungan maupun sosial masyarakat.

1.5 Asumsi Penelitian

Pada fase transformasi COVID -19 menuju situasi normal menyebabkan penduduk Indonesia khususnya warga Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) masih menggunakan masker sekali pakai sebagai antisipasi penularan virus melalui udara. Peningkatan penggunaan masker medis sekali pakai menimbulkan peningkatan sampah di lingkungan sekitar. Kasus peningkatan sampah masker medis sekali pakai dapat dikelola dengan proses biodegradasi. Proses biodegradasi yang dilakukan menggunakan ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) sehingga menghasilkan kotoran/*frass*. *Frass* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai kompos. Dengan demikian penelitian ini menganalisis hasil biodegradasi berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

1.6 Ruang Lingkup

Adapun penelitian analisis hasil biodegradasi sampah masker medis dengan ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan parameter kimia, sebagai berikut :

1. Penelitian ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) dilakukan di workshop Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII).
2. Objek penelitian yang digunakan yaitu ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*) berusia 2 minggu dan hasil berupa kotoran dari proses biodegradasi sampah masker medis.
3. Sumber sampah masker medis berasal dari pemakaian pribadi dan sumber nutrisi pakan berupa *pollard*.
4. Analisis penelitian dilakukan selama 30 hari dengan waktu pengambilan sampel setiap 5 hari sekali.
5. Parameter yang diamati selama penelitian, sebagai berikut :
 - a. Laju penguraian efisiensi hasil biodegradasi (indeks pengurangan sampah, konsumsi umpan, suhu, dan berat kotoran).
 - b. Parameter kimia (karbon, nitrogen, fosfor, kalium, rasio C/N)

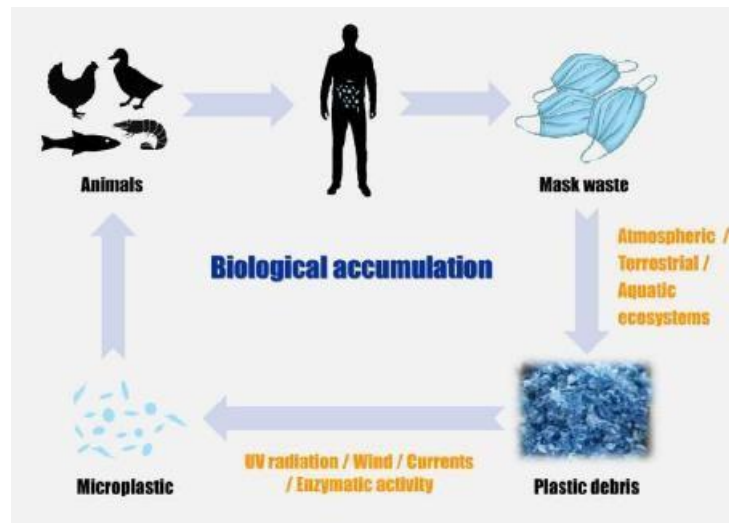
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Masker Medis

Menurut *World Health Organization* (WHO) dalam penggunaan masker medis perlu melakukan penggantian masker yang baru dan bersih setiap 4 jam sekali. Hal ini dapat meningkatkan penggunaan masker medis sekaligus timbulan sampah masker medis. Peningkatan pengguna masker medis juga seiring dengan peningkatan bahan produksi untuk didistribusikan ke pembeli. Tingkat permintaan produksi masker medis yang tinggi akan meningkatkan senyawa karbon dioksida (CO₂) sehingga dapat timbul efek rumah kaca. Sebagian besar bahan yang digunakan pada masker medis adalah *polypropylene* (PP). Dalam uraiannya masker medis terdiri dari 3 lapisan filter yang sebagian besar terbuat dari *non-woven fabric polypropylene*, tali penyangga telinga, dan kawat penyangga hidung (Hui Li, 2022). Lapisan masker medis tersebut terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan dalam yang berfungsi menyerap cairan dari hidung dan mulut, lapisan tengah sebagai penyaring untuk menangkal bakteri dan partikel-partikel kecil lainnya, dan lapisan luar dengan bahan bersifat hidrofobik yang diberikan warna agar masker dapat menarik konsumen (Budiman, 2022).

Dalam wilayah masyarakat umum, edukasi mengenai pengelolaan dan pembuangan sampah masker medis masih sangat kurang. Apabila pengelolaan dan pembuangan sampah masker medis dilakukan secara tidak tepat maka berdampak pada lingkungan maupun manusia. Dampak dari segi lingkungan yang tidak terjadi secara langsung yaitu menurunkan kualitas air dan tanah sehingga merusak habitat maupun rantai makanan makhluk hidup. Selain itu dampak segi lingkungan yang terjadi secara langsung yaitu merusak estetika lingkungan dan menurunkan pendapatan ekonomi masyarakat. Sementara itu dampak dari segi manusia yaitu dapat merusak kesehatan tubuh (Wang, 2023).

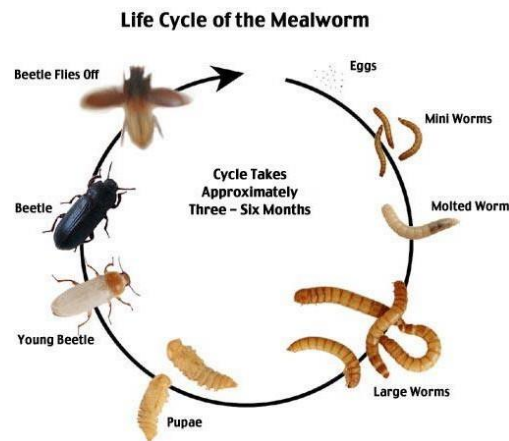


Gambar 2.1 Skema Transmisi Sampah Masker Medis Menjadi Mikroplastik Melalui Rantai Makanan

Sumber : (Wang, 2023)

2.2 Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.)

Ulat hongkong (*Tenebrio molitor* L.) adalah spesies kumbang dari famili *Tenebrionidae* yang dapat hidup di iklim sedang. Ulat hongkong memiliki ukuran yang bervariasi antara 2,5-3,5 cm (Bulak, 2021). Pada siklus hidup ulat hongkong terdapat empat fase, yaitu masa telur, larva, pupa, dan kepik. Siklus hidup ulat hongkong dari ulat dewasa menjadi kepik sangat rentan mati akibat perubahan cuaca ekstrem seperti musim kemarau dan hujan. Hal ini dikarenakan suhu panas dan kelembaban yang rendah akan menyebabkan pembentukan kepik dari ulat dewasa tidak serempak sehingga ulat dengan pertumbuhan lambat akan mengalami kematian. Pada musim hujan ulat hongkong memiliki suhu optimum berkisar antara 26,5°C-27,5°C dan kelembaban sekitar 75,5%. Pada musim kemarau dengan suhu 33°C ulat hongkong sangat sensitif sehingga rentan mati (Astuti, 2017).



Gambar 2.2 Siklus Hidup Ulat Hongkong

Sumber : (Wahab, 2016)

Menurut (Kvassay, 2021) fase hidup pada ulat hongkong sebagai berikut:

a. Telur

Persiapan kepik betina membutuhkan waktu ± 2 minggu untuk kawin sekaligus bertelur. Kepik dapat menghasilkan sekitar 100-200 telur yang dapat diletakkan di karton telur atau alas wadah lainnya. Warna telur yang dihasilkan berwarna putih dengan bentuk titik kecil berukuran 2 mm sehingga rentan mati.

b. Larva

Proses pembentukan larva terjadi ketika telur sudah menetas kira-kira 7-10 hari (kondisi optimal) atau sekitar 4-8 minggu (kondisi tidak optimal). Bentuk larva yang baru menetas berukuran 3 mm dan akan berubah warna menjadi coklat kehitaman ketika larva sudah besar. Pada masa pertumbuhan larva terjadi *molting*/ganti kulit. *Molting* terjadi sekitar 15-23 instar untuk menjadi pupa. Keadaan larva pada tahap *molting* tersebut perlu dijaga kelembapan dan nutrisi pakan yang diberikan. Pertumbuhan larva dari larva kecil ke bentuk sedang membutuhkan waktu sekitar 2 minggu dan akan berubah bentuk menjadi larva ukuran besar sekitar 2,5 – 3 bulan. Suhu optimal dalam pertumbuhannya larva sekitar 25 - 28°C

c. Pupa

Pembentukan pupa dari kondisi larva membutuhkan banyak makanan dan kelembapan yang terjaga. Proses pembentukan pupa menjadi larva membutuhkan waktu 3 – 6 bulan. Kondisi tidak optimal pembentukan pupa dipengaruhi oleh perubahan cuaca sehingga suhu tidak stabil, kelembapan tidak terjaga, makanan berupa basah atau kering tidak mencukupi, dan kotoran yang tidak dikontrol dalam pembuangannya. Hal tersebut dapat memicu kematian dalam pembentukan pupa.

d. Kepik/Kumbang

Kepik adalah tahap terakhir dalam siklus hidup ulat hongkong. Bentuk kepik setelah keluar dari kempompong berwarna putih dan dapat berubah warna secara cepat menjadi kehitaman yang memiliki sayap. Kepik dapat bertahan hidup sekitar 3 – 6 bulan. Apabila sudah menjadi kepik perlu dipisahkan dan diletakkan di wadah yang berbeda. Kepik dapat kawin untuk melanjutkan siklus hidupnya lagi setelah dari pupa sekitar 10 – 14 hari.

Ulat hongkong memiliki banyak manfaat bagi lingkungan, makhluk hidup, dan manusia. Dalam segi manusia dapat menjadi sumber obat kesehatan sedangkan dari segi makhluk hidup dapat dijadikan pakan hewan ternak karena memiliki nutrisi protein yang tinggi. Di samping itu dari segi lingkungan ulat hongkong dapat menguraikan sampah organik dan anorganik. Penguraian sampah organik oleh ulat hongkong bermanfaat bagi lingkungan karena dapat menggantikan atau menambahkan nutrisi ke dalam aktivitas pertanian dan perkebunan. Pada penguraian sampah anorganik oleh ulat hongkong dapat dilakukan karena memiliki bakteri *Exiguobacterium* sp. dalam ususnya. Bakteri tersebut akan mensekresikan enzim ekstraseluler dan mengkataliskan reaksi depolimerisasi pada fragmen zat anorganik (Putra, 2022). Nutrisi dari ulat hongkong yang bermanfaat bagi lingkungan maupun manusia memiliki kandungan mineral, vitamin, lemak, asam lemak tak jenuh tunggal, dan asam lemak tak jenuh ganda. Mineral yang terkandung terdiri dari fosfor (P), kalium (K), magnesium (mg), zinc (Zn), kalsium (Ca), mangan (Mn), dan besi (Fe). Pada

vitamin yang terkandung pada ulat hongkong terdiri dari vitamin D, E, C dan vitamin kelompok B (Bogusz, 2022). Selain itu kandungan nutrisi ulat hongkong lainnya, berikut :

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi Ulat Hongkong

| Nama Kandungan | Total |
|--|--------------|
| Lemak (dalam keadaan kering) | 35% |
| Asam lemak tak jenuh tunggal dan tak jenuh ganda | 77% |
| Protein (dalam keadaan kering) | 64% |

Sumber : (Bogusz, 2022)

2.3 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan proses aktivitas biologis dengan menguraikan suatu senyawa kompleks menjadi sederhana. Dalam proses penguraian senyawa tergantung pada variasi organisme karena setiap organisme memiliki karakteristik yang berbeda. Senyawa yang dimanfaatkan oleh organisme untuk sumber nutrisi termasuk dalam proses biodegradasi. Pada laju proses biodegradasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam menentukan jenis mikroba, yaitu faktor pH, temperatur, kelembaban, nutrien, mineral, dan oksigen. Sementara itu biodegradasi jenis polimer dapat terurai dengan baik faktor penguraian, seperti fisika, kimia, dan biologi. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh radiasi UV matahari, kelembaban udara, dan temperatur (Dwicania, 2019). Dalam keefektifan proses biodegradasi terdapat bakteri pendegradasi yang terbukti mampu efektif dalam degradasi senyawa organik dan anorganik. Hal ini dikarenakan bakteri pendegradasi memiliki enzim yang mampu menyederhanakan senyawa kompleks menjadi sederhana (Fidiastuti, 2014). Pada proses biodegradasi tidak membutuhkan biaya terlalu besar karena menggunakan organisme dalam prosesnya.

Proses biodegradasi dalam senyawa anorganik khususnya sampah masker medis dapat diuraikan oleh serangga berupa ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*). Hal ini dikarenakan pada tubuh ulat hongkong terdapat enzim yang dapat

menguraikan sampah anorganik (Bulak, 2021). Dalam proses biodegradasi sampah masker medis dengan ulat hongkong perlu adanya tambahan nutrisi atau konsumsi pakan. Adanya tambahan nutrisi tersebut untuk mempercepat ulat hongkong dalam proses biodegradasi dan menurunkan angka kematian akibat kurang nutrisi (Gesriantuti, 2022).

2.4 Kompos

Menurut (Peraturan Menteri Pertanian Nomor 02/Pert/HK.060/2/2006 tentang Pupuk Organik dan Pembenh Tanah) pupuk organik merupakan bahan organik yang berasal dari tanaman maupun hewan dengan hasil pembuatan berbentuk padat atau cair. Pupuk organik dapat dikatakan juga sebagai kompos yang bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi pada tanah. Kompos merupakan proses akhir dari bahan organik yang mengalami penguraian oleh mikroorganisme menjadi senyawa organik lebih sederhana. Berikut standar kualitas kompos berdasarkan (SNI 19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik).

Tabel 2.2 Standar Kualitas Kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004

| No | Parameter | Satuan | Minimal | Maksimal |
|--------------------|--------------------|--------|---------|----------------|
| 1 | Kadar Air | | | |
| 2 | Temperatur | °C | | Suhu air tanah |
| 3 | Warna | | | Kehitaman |
| 4 | Bau | | | Berbau tanah |
| 5 | Ukuran partikel | m | 0,55 | 25 |
| 6 | Kemampuan ikat air | m | | |
| | | % | 58 | - |
| 7 | pH | | 6,80 | 7,49 |
| 8 | Bahan asing | % | * | 1,5 |
| Unsur Makro | | | | |
| 9 | Bahan organik | % | 27 | 58 |
| 10 | Nitrogen | % | 0,40 | - |
| 11 | Karbon | % | 9,80 | 32 |

| | | | | |
|---|---|----------|------|------|
| 12 | Fosfor (P ₂ O ₅) | % | 0,10 | - |
| 13 | C/N-rasio | | 10 | 20 |
| 14 | Kalium (K ₂ O) | % | 0,20 | * |
| Unsur Mikro | | | | |
| 15 | Arsen | mg/kg | * | 13 |
| 16 | Kadmium (Cd) | mg/kg | * | 3 |
| 17 | Kobal (Co) | mg/kg | * | 34 |
| 18 | Kromium (Cr) | mg/kg | * | 210 |
| 19 | Tembaga (Cu) | mg/kg | * | 100 |
| 20 | Merkuri (Hg) | mg/kg | * | 0,8 |
| 21 | Nikel (Ni) | mg/kg | * | 62 |
| 22 | Timbal (Pb) | mg/kg | * | 150 |
| 23 | Selenium (Se) | mg/kg | * | 2 |
| 24 | Seng (Zn) | mg/kg | * | 500 |
| Unsur Lain | | | | |
| 25 | Kalsium | % | * | 25,5 |
| 26 | Magnesium (Mg) | % | * | 0,6 |
| 27 | Besi (Fe) | % | * | 2 |
| 28 | Alumunium (Al) | % | * | 2,2 |
| 29 | Mangan (Mn) | % | * | 0,1 |
| Bakteri | | | | |
| 30 | Fecal Coli | MPN/gr | | 1000 |
| 31 | Salmonella sp. | MPN/4 gr | | 3 |
| Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum | | | | |

Pada Standar Kualitas Kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 unsur makro merupakan kebutuhan utama pembuatan kompos dalam jumlah besar. Salah satu bahan pembuatan kompos yang digunakan dari hasil biodegradasi sampah masker medis dengan ulat hongkong berasal dari *frass* (kotoran ulat hongkong). Menurut (Houben D, 2021) *frass* dari ulat hongkong memiliki

kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang dapat menutrisi tanaman. Penggunaan *frass* dalam pembuatan pupuk kompos dapat menggantikan pupuk konvensional secara besar-besaran. Tingkat kematangan kompos mengacu tidak adanya senyawa fitotoksik dan patogen tanaman maupun hewan yang berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman (Beesigamukama, 2022).

2.5 Pollard

Pollard adalah produk limbah dari industri pertanian yang dihasilkan dari penggilingan gandum sebagai bahan baku ternak. Penggilingan gandum tersebut berupa kulit ari gandum yang halus. *Pollard* mengandung energi tinggi dan mengandung polisakarida struktural seperti selulosa, hemiselulosa, selulosa, lignin, dan silika. Kandungan polisakarida struktural yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak sejenis ruminansia (Ekaputra, 2018). Selain itu juga memiliki nilai kandungan nutrisi protein 16,29%, NDF 38,4%, ADF 10,48%, selulosa 7,18%, lignin 3,09%, dan energi 16,40% (Utama, 2019). Pada *pollard* terkandung serat kasar tinggi berupa *Non Starch Polysaccharides* (NSP) yang dapat mempengaruhi pencernaan unggas sehingga perlu diproses lebih lanjut lagi. Proses untuk meningkatkan kualitas *pollard* terdapat beberapa cara yaitu pengolahan fisik maupun gabungan fisik dan biologi. Dalam pengolahan fisik dapat dilakukan dengan cara pemanasan sehingga dapat mengubah struktur kimia dalam *pollard* (Utama, 2019).

2.6 Penelitian Terdahulu

| Nama Peneliti | Judul | Hasil |
|---------------------|--|---|
| (Gesriantuti, 2022) | Pengaruh Kombinasi Pakan Terhadap Kemampuan Larva <i>Tenebrio molitor</i> dalam Mendegradasi Limbah Masker Medis | Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan degradasi limbah masker medis dan pertambahan bobot badan ulat hongkong. Metode yang digunakan berupametode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL). Metode ini dilakukan dengan empat perlakuan dan tiga kali pengulangan dengan beberapa kombinasi. Kombinasi tersebut berupa limbah masker medis dan limbah organik. Dalam kombinasi tersebut terdapat masker medis sebesar 5 gram dipotong ukuran 3x3 cm dan limbah organik sebesar 50 gram dalam setiap wadah. Ulat hongkong yang digunakan sebanyak 175 ekor ke dalam setiap wadah. Perlakuan pemberian limbah organik pada ulat hongkong dalam proses degradasi limbah masker medis untuk memudahkan mencerna makanan Di samping itu |

parameter yang diuji berupa jumlah pakan yang terdegradasi, laju biodegradasi dan perubahan bobot ulat hongkong. Data pengujian parameter pada perbedaan jumlah pakan dilakukan dengan uji *one way Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila hasil uji ANOVA dinyatakan signifikan maka perlu uji *Least Significance Different* atau uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil degradasi dalam penelitian ini menunjukkan tingkat tertinggi kombinasi limbah masker medis dan limbah organik yang berupa ampas tahu dengan hasil 1,75 gr/30 hari. Faktor yang menyebabkan kemampuan degradasi lebih tinggi dibandingkan kombinasi lainnya yaitu ketersediaan kandungan nutrisi dalam pakan ulat hongkong.

| | | |
|----------------------|---|--|
| (Jemec Kokalj, 2022) | Effect of Microplastic from Disposable Medical Masks on Terrestrial Invertebrates | Penelitian ini dilakukan selama 21 hari untuk mengetahui dampak mikroplastik dari setiap |
|----------------------|---|--|

lapisan masker medis yang melapuk di tanah terhadap invertebrata tanah (*Tenebrio molitor*, *Porcellio scaber*, *Enchytraeus crypticus*). Lapisan tersebut terdapat tiga lapisan yaitu lapisan dalam, tengah, dan luar. Di setiap lapisan masker medis akan dilakukan proses untuk menjadi mikroplastik dan diuji setiap lapisannya. Sehingga penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil dalam eksperimen tersebut mengungkapkan bahwa kandungan mikroplastik dalam tanah tidak mempengaruhi hasil pH tanah menjadi buruk. Namun meningkat buruk sedikit di awal penelitian. Di sisi lain terdapat kandungan logam (Ti, Al, Cu, Pb, Mg, Fe, Ca, Kr, Li, dan Ni) di setiap lapisannya namun yang paling besar terdapat di lapisan masker medis bagian luar. Dampak yang terjadi pada ketiga invertebrata tanah

| | | |
|---------------|---|--|
| | | tersebut dalam kelangsungan hidup masih terbilang dalam batas aman. Analisis yang dilakukan pada <i>Enchytraeus crypticus</i> menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Levene. Pada <i>Tenebrio molitor</i> dan <i>Porcellio scaber</i> menggunakan uji Kruskal-Wallis dan uji Mann-Whitney U post-hoc. |
| (Yang, 2021) | Biodegradation of Expanded Polystyrene and Low-Density Polyethylene Foams in Larvae of <i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus (Coleoptera:Tenebrionidae): Broad versus limited extent depolymerization and microbe-dependence versus independence | Penelitian ini dilakukan selama 60 hari untuk menguji biodegradasi busa Expanded Polystyrene (EPS) dan LDPE. Hasil biodegradasi EPS dan LDPE dilakukan dengan menguji frass <i>Tenebrio molitor</i> menggunakan FTIR. Kelangsungan hidup dalam pertumbuhan dan perkembangan <i>Tenebrio molitor</i> dipengaruhi oleh nutrisi makanan yang diberikan. Di samping itu kekurangan sumber makanan membuat <i>Tenebrio molitor</i> menjadi kanibal. |
| (Bulak, 2021) | Biodegradation of Different Types of Plastics by | Penelitian ini dilakukan |

selama 58 hari hingga jumlah plastik semakin berkurang oleh *Tenebrio molitor*. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan empat jenis plastik berupa *Polystyrene* (PS), *Polyurethane foam* (PU1), *Polyurethane thermal insulation foam* (PU2), dan *Polyethylene foam* (PE). Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan uji t-student dan uji ANOVA. Hasil dalam penelitian ini mengungkapkan degradasi jenis plastik PS lebih tinggi dibandingkan jenis plastik lainnya. Di sisi lain jenis plastik PU1 dan PU2 memiliki hasil degradasi yang tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan karena komposisi kimia yang berbeda. Dalam pengujian ini menggunakan alat FTIR, EDXRF, dan SEM. Di samping itu turunnya kemampuan *Tenebrio molitor* dalam mendegradasi akibat

terjadinya situasi kanibal. Hal ini dikarenakan adanya kekurangan nutrisi dan penggabungan ulat yang kecil maupun besar.

Pada rangkuman penjelasan penelitian terdahulu dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor yang menyebabkan kemampuan degradasi sampah masker medis dibandingkan kombinasi lainnya yaitu ketersediaan kandungan nutrisi pada pakan ulat hongkong. Keberhasilan dalam degradasi tersebut membuat penelitian ini mencoba untuk mengganti pakan berupa *pollard* saja tanpa tambahan bahan organik lainnya. Perlakuan dalam pemberian pakan pada penelitian ini disamakan dengan penelitian terdahulu dengan metode tiga kali pengulangan (*triplicate*) agar hasil penelitian lebih akurat. Waktu penelitian ulat hongkong di rangkuman penelitian terdahulu terdapat beberapa waktu yaitu 21 hari, 30 hari, 60 hari, dan 58 hari. Waktu penelitian tersebut terbilang efektif sehingga penelitian saat ini dilakukan selama 30 hari.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian “Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis dengan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*) Menggunakan Parameter Kimia” dilakukan di workshop Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) UII. Penelitian ini dilakukan selama 30 hari dimulai dari bulan Februari-Maret 2023. Hasil dari penelitian ini berupa kotoran/*frass* yang diuji untuk melihat kualitas kotoran/*frass* menjadi kompos di laboratorium sampah dan limbah berbahaya beracun FTSP UII dan Fakultas Pertanian Departemen Tanah UGM.

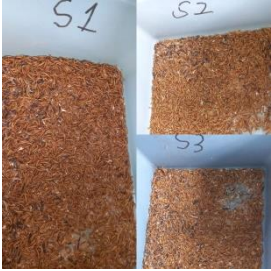

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh variabel independen (perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang sudah ditentukan. Hal tersebut perlu menggunakan kelompok pengontrol agar kondisi penelitian dapat terkendali. Berikut variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. Variabel bebas : Ulat hongkong (*Tenebrio molitor L.*)
- b. Variabel terikat : Temperatur, indeks pengurangan sampah (WRI), berat kompos/berat kotoran, parameter kimia (karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium).
- c. Variabel kontrol : Sampah masker medis dan pakan berupa *pollard*

Penelitian ini dilakukan selama 30 hari dengan pengambilan sampel untuk diuji parameternya setiap 5 hari sekali. Ulat hongkong yang digunakan dalam penelitian ini berusia dua minggu yang sedang dalam keadaan masa pertumbuhan sehingga memiliki tingkat keaktifan tinggi. Jumlah ulat hongkong yang digunakan setiap reaktor sebanyak 100 gram dengan pengulangan pengujian sebanyak tiga kali (*triplicate*). Berikut perlakuan ulat hongkong dengan pemberian pakan pada setiap reaktor:

Tabel 3.1 Variasi Pemberian Pakan dan Sampah Masker Medis Pada Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*)

| Reaktor | Jenis Pakan | Jumlah | Satuan |
|---------|---|---------------|---|
| A | Pollard | 50 gr |  |
| B | Pollard Sampah masker medis sekali pakai | 45 gr 5 gr |  |

3.3 Prosedur Analisis Data

Pada analisis data yang digunakan berupa kotoran hasil biodegradasi sampah masker medis oleh ulat hongkong yang dapat dimanfaatkan menjadi kompos. Kompos tersebut diuji dengan parameter kimia dan beberapa parameter lainnya yang mempengaruhi kondisi hasil kompos. Parameter tersebut berupa temperatur, indeks pengurangan sampah (WRI), konsumsi umpan, berat kompos/kotoran, karbon, nitrogen, fosfor, kalium, dan rasio C/N. Pengujian khususnya parameter kimia bertujuan untuk mengetahui kandungan zat pada kotoran yang dapat menjadi kompos dalam menyuburkan tanaman. Di samping itu analisis data juga dapat mengetahui seberapa efisiensi laju penguraian ulat hongkong dalam mendegradasi sampah masker medis. Adapun penjelasan lebih lanjut mengenai parameter dan metode analisis dalam penelitian ini, sebagai berikut :

Tabel 3.2 Metode Analisis Data Pengujian Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*)

| No | Parameter | Metode Analisis | Referensi | Periode Pengukuran |
|----|--------------------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Temperatur | Termometer | ISBN 978-602-8039-21-5 | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 2. | WRI (<i>Waste Reduction Index</i>) | Timbangan digital | ISBN 978-602-8039-21-5 | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 3. | Berat kompos/berat kotoran | Timbangan digital | - | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 4. | Karbon | Spektrofotometri UV-Vis (561 nm) | ISBN 978-602-8039-21-5 | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 5. | Nitrogen | Kjeldahl | ISBN 978-602-8039-21-5 | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 6. | Rasio C/N | - | - | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 7. | Kalium | AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>) | ISBN 978-602-8039-21-5 | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |
| 8. | Fosfor | Spektrofotometri UV-Vis (889 nm) | ISBN 978-602-8039-21-5 | Hari ke-5, 10, 15, 20, 25, dan 30 |

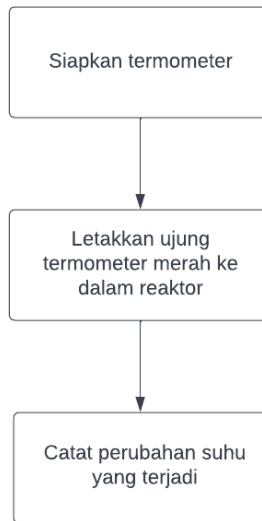
3.3.1 Proses Pengolahan Data Laju Penguraian

A. Temperatur

Pada reaktor ulat hongkong diukur temperaturnya menggunakan alat termometer. Temperatur dalam reaktor sangat mempengaruhi pertumbuhan ulat hongkong. Ulat hongkong tidak dapat hidup di suhu terlalu dingin maupun terlalu panas sehingga perlu adanya pengaturan temperatur. Kondisi ulat hongkong di dalam reaktor secara optimal berada pada suhu 25-30°C. Dalam suhu yang optimal ulat hongkong dapat mendegradasi sampah masker medis secara optimal. Berikut alat bahan dan cara kerja termometer :

1. Alat dan bahan : Termometer

2. Cara kerja :

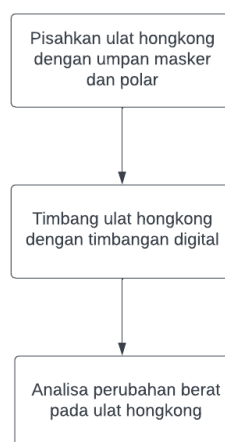


Gambar 3.1 Cara Kerja Termometer

B. WRI (*Waste Reduction Index*)

WRI (*Waste Reduction Index*) merupakan indeks pengurangan sampah medis oleh ulat hongkong. Nilai indeks tersebut akan menunjukkan kemampuan ulat hongkong dalam mereduksi limbah masker. Perhitungan WRI dihitung setiap 5 hari sekali. Berikut cara kerja dan rumus perhitungan WRI :

1. Alat dan bahan : timbangan digital dan sampel hasil penelitian
2. Cara kerja :



Gambar 3.2 Cara Kerja Indeks Pengurangan Sampah (WRI)

3. Rumus perhitungan

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100$$
$$D = \frac{W-R}{W}$$

Keterangan :

D = penurunan umpan total

W = jumlah umpan total (mg)

R = sisa umpan total (mg)

t = total waktu ulat hongkong memakan umpan (hari)

WRI = indeks pengurangan sampah

3.3.2 Proses Pengolahan Data dengan Parameter Kimia

Pengujian karbon dalam penelitian ini menggunakan metode Spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 561 nm. Pengujian karbon bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon dalam kotoran ulat hongkong yang dihasilkan. Kotoran ulat hongkong dapat dimanfaatkan menjadi kompos sehingga perlu mengetahui zat unsur hara yang terkandung. Berikut analisis pengujian carbon dengan referensi menggunakan ISBN 978-602- 8039-21-5.

A. Karbon (C)

Pengujian karbon dalam penelitian ini menggunakan metode Spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 561 nm. Pengujian karbon bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon dalam kotoran ulat hongkong yang dihasilkan. Kotoran ulat hongkong dapat dimanfaatkan menjadi kompos sehingga perlu mengetahui zat unsur hara yang terkandung. Berikut analisis pengujian karbon dengan referensi menggunakan ISBN 978-602- 8039-21-5.

1. Alat dan bahan :

Tabel 3.3 Alat dan Bahan Uji Karbon

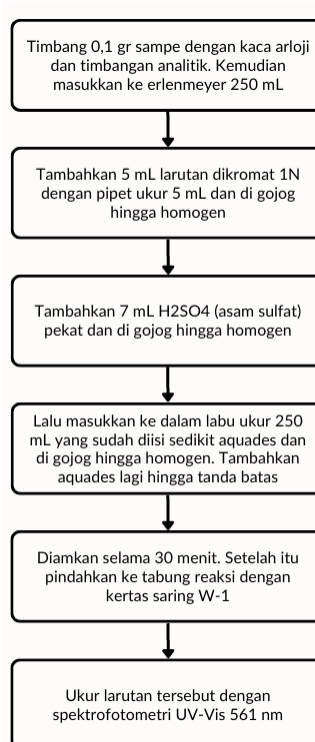
| Alat Uji Karbon | | |
|--------------------|---|------|
| Kaca arloji | 1 | buah |
| Timbangan analitik | 1 | buah |

| | | |
|--|---|--------|
| Sendok sugu | 1 | buah |
| Erlenmeyer 250 mL | 6 | buah |
| Labu ukur 250 mL | 6 | buah |
| Pipet ukur 5 mL | 1 | buah |
| Pipet ukur 10 mL | 1 | buah |
| Karet hisap | 1 | buah |
| Kertas saring W-1 (Whatman nomor 1) | 6 | lembar |
| Spektrofotometer UV-Vis (panjang gelombang 561 nm) | 1 | buah |
| Tabung reaksi | 6 | buah |

Bahan Uji Karbon

| | | |
|--|-----------------------------|------|
| Sampel (kotoran ulat hongkong) | 0,1 | gram |
| Larutan dikromat | 5 | mL |
| H ₂ SO ₄ (asam sulfat) | 7 | mL |
| Aquades | Secukupnya sesuai kebutuhan | |

2. Cara Kerja



Gambar 3.3 Cara Kerja Pengujian Karbon (C)

3. Rumus Perhitungan

$$\text{Kadar C-Organik (\%)} = \text{ppm kurva} \times 100/\text{mg contoh} \times (100 \text{ mL}/1000 \text{ mL}) \times \text{fk}$$

Keterangan :

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko

100 = konversi ke %

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100-\% \text{ kadar air})$

T = total waktu ulat hongkong memakan umpan (hari)

B. Nitrogen (N)

Pengujian nitrogen menggunakan alat Kjeldahl. Alat kjeldahl di penelitian ini berfungsi sebagai analisis kadar nitrogen pada sampel kotoran ulat hongkong. Alat ini memiliki metode berupa kjeldahl dengan proses tiga cara dasar, yaitu proses destruksi, destilasi, dan titrasi. Berikut analisis pengujian nitrogen dengan referensimenggunakan ISBN 978-602-8039-21-5 :

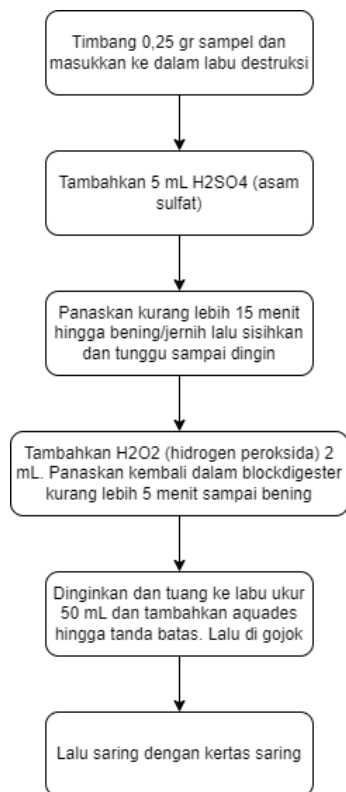
1. Alat dan Bahan :

Tabel 3.4 Alat dan Bahan Uji Nitrogen

| Alat Uji Nitrogen | | |
|--|------|------|
| Neraca analitik | 1 | buah |
| Labu Kjeldahl 50 mL | 1 | buah |
| Tabung dan Block digestor Kjeldahl therm | 1 | buah |
| Labu ukur 50 mL | 6 | buah |
| Tabung kimia 20 mL | 6 | buah |
| Vortex mixer | 1 | buah |
| Dilutor skala 0-10 mL / pipet ukur volume 10 mL | 6 | buah |
| Dispenser skala 0-10 mL / pipet volume 1 mL | | |
| Bahan Uji Nitrogen | | |
| Sampel (kotoran ulat hongkong) | 0,25 | gram |
| H ₂ SO ₄ (asam sulfat) pekat | 5 | mL |

| | | |
|--|-----------------------------------|----|
| H ₂ O ₂ (hidrogen peroksida) | 2 | mL |
| Aquades | Secukupnya sesuai kebutuhan | |

2. Cara kerja :



Gambar 3.4 Cara Kerja Pengujian Nitrogen

C. Rasio C/N

Rasio C/N terdiri dari unsur kimia karbon (C) dan nitrogen (N) yang saling berhubungan. Hal tersebut dikarenakan kedua unsur memiliki enzim yang dapat melakukan metabolisme. Apabila nilai rasio C/N lebih tinggi karbon dibandingkan nitrogen maka terdapat karbon yang tidak mencapai metana maksimum. Apabila nitrogen lebih tinggi nilainya dibandingkan karbon maka menyebabkan kelebihan NH₃ (ammonia).

D. Kalium (K)

Pada pengujian kalium menggunakan alat berupa AAS (*Atomic Absorption*

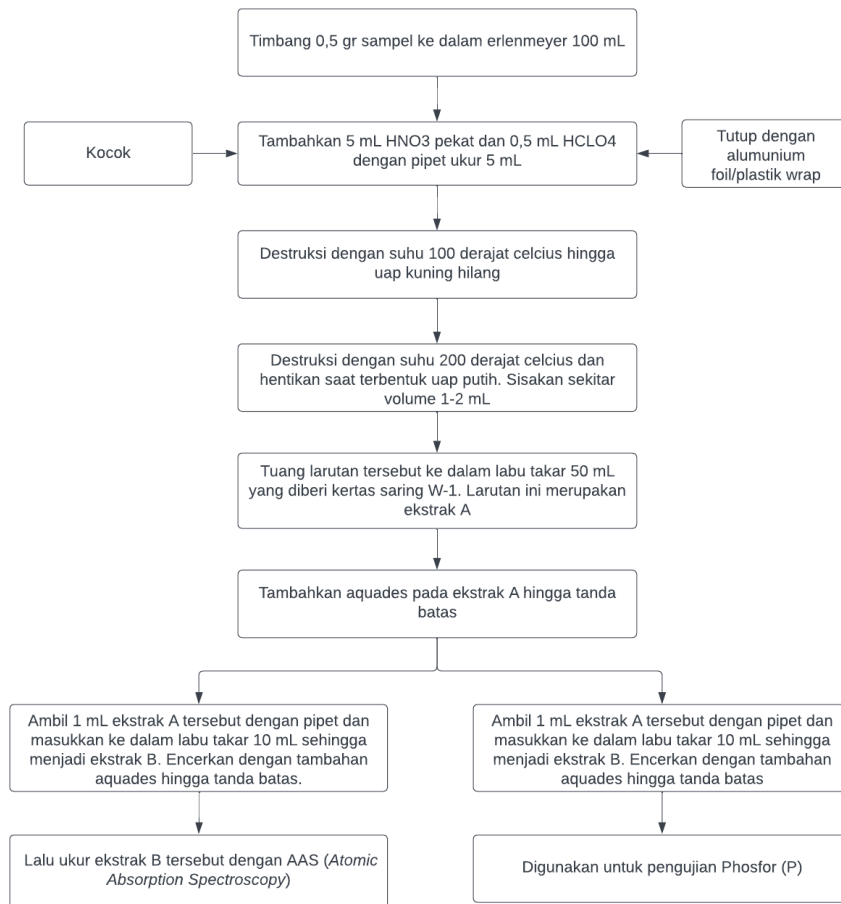
Spectroscopy). Alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) digunakan dalam uji kalium yang berfungsi untuk mengetahui kandungan logam berat maupun logam ringan. Prinsip kerja metode AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) yaitu menggunakan penyerapan cahaya sehingga dapat mengetahui konsentrasi atom logam. Berikut analisis pengujian kalium dengan referensi menggunakan ISBN 978-602-8039-21-5 :

1. Alat dan Bahan :

Tabel 3.5 Alat dan Bahan Uji Kalium

| Alat Uji Kalium | | | |
|---|------------|--------|--|
| Erlenmeyer | 6 | buah | |
| Kompor | 1 | buah | |
| Pipet ukur 5 mL | 1 | buah | |
| Kertas saring W-42 | 6 | lembar | |
| Labu takar 10 mL | 1 | buah | |
| AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>) | 1 | buah | |
| Kaca arloji | 1 | buah | |
| Timbangan analitik | 1 | buah | |
| Sendok sugu | 1 | buah | |
| Bahan Uji Kalium | | | |
| Sampel (kotoran ulat hongkong) | 0,5 | gram | |
| HNO ₃ pekat | 5 | mL | |
| HClO ₄ | 0,5 | mL | |
| Aquades | Secukupnya | | |

2. Cara Kerja :



Gambar 3.5 Cara Kerja Pengujian Kalium (K)

E. Fosfor (P)

Pengujian fosfor menggunakan alat berupa Spektrofotometri UV-Vis. Alat ini digunakan sebagai pengukur adsorban suatu sampel yang berfungsi untuk mengetahui panjang gelombang tertentu. Prinsip kerja metode spektrofotometri yaitu penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di sinar ultra violet dan sinar tampak (*visible*). Berikut analisis pengujian fosfor dengan referensi menggunakan ISBN 978-602-8039-21-5 :

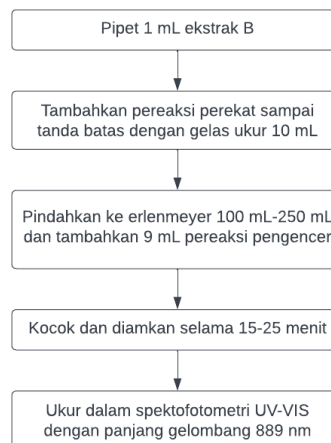
1. Alat dan Bahan :

Tabel 3.6 Alat dan Bahan Uji Fosfor

| Alat Uji Fosfor | | |
|-----------------|---|------|
| Pipet ukur 2 mL | 1 | buah |

| | | |
|---|------------|------|
| Gelas ukur 10 mL | 6 | buah |
| Erlenmeyer 100 mL | 6 | buah |
| Spektrofotometer UV-Vis (panjang gelombang 889 nm) | 1 | buah |
| Bahan Uji Fosfor | | |
| Ekstrak Kalium | 1 | mL |
| Pereaksi Pekat | | |
| Amonium heptamolibdat | 12 | gram |
| Kalium antimonil tartrat | 0,275 | gram |
| H ₂ SO ₄ (asam sulfat) | 140 | mL |
| Aquades | Secukupnya | |
| Pereaksi Encer | | |
| Asam askorbat | 0,53 | gram |
| Pereaksi pekat | 50 | mL |
| Aquades | Secukupnya | |

2. Cara Kerja



Gambar 3.6 Cara Kerja Pengujian Fosfor (P)

Berikut cara pembuatan larutan pereaksi pekat dan encer, sebagai berikut :

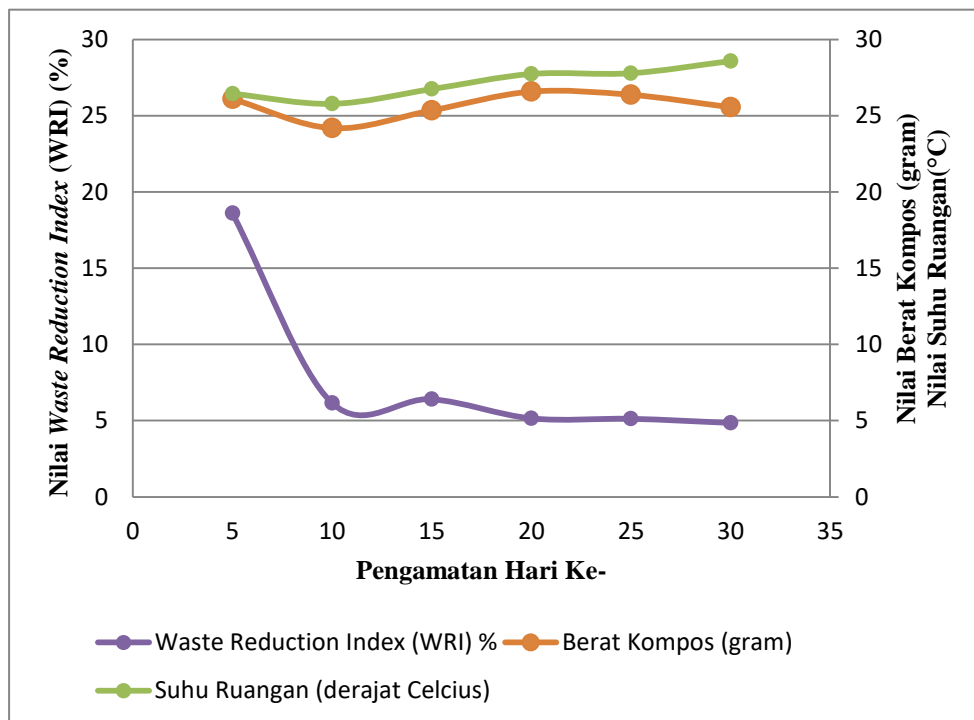
- a. Pereaksi pekat :
12 gr amonium heptamolibdat + 0,275 gr kalium antimonil tartrat + 140mL H₂SO₄ dalam 1000 mL air bebas ion
- b. Pereaksi encer :
0,265 gr asam askorbat + 25 mL pereaksi pekat dijadikan 250 mL dengan air bebas ion

*dibuat ketika akan digunakan, tidak dapat disimpan

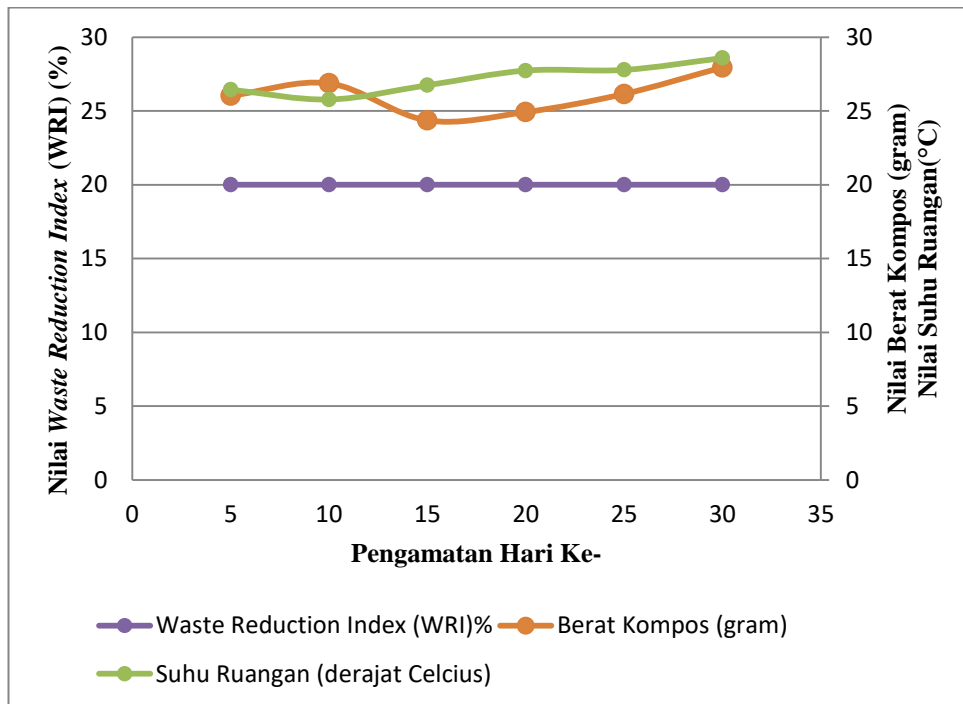
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data Analisis Laju Penguraian

Pada penelitian ini laju penguraian merupakan kecepatan dalam menguraikan sampah masker medis dengan bantuan ulat hongkong. Penelitian ini diamati selama 30 hari dengan pengamatan setiap 5 hari sekali. Hasil dari penguraian sampah masker medis oleh ulat hongkong berupa kotoran yang dapat dimanfaatkan sebagai kompos. Hasil laju penguraian dalam proses biodegradasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, *Waste Reduction Index* (WRI)/Indeks Pengurangan Sampah, berat kompos, dan suhu ruangan. Berikut data hasil laju penguraian sampah:



Gambar 4.1 Grafik Laju Penguraian oleh Ulat Hongkong dalam Pemberian *Pollard* sebagai Bak Pengontrol di Reaktor A dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)



Gambar 4.2 Grafik Laju Penguraian Biodegradasi Sampah Masker Medis oleh Ulat Hongkong dan ditambah *Pollard* di Reaktor B dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

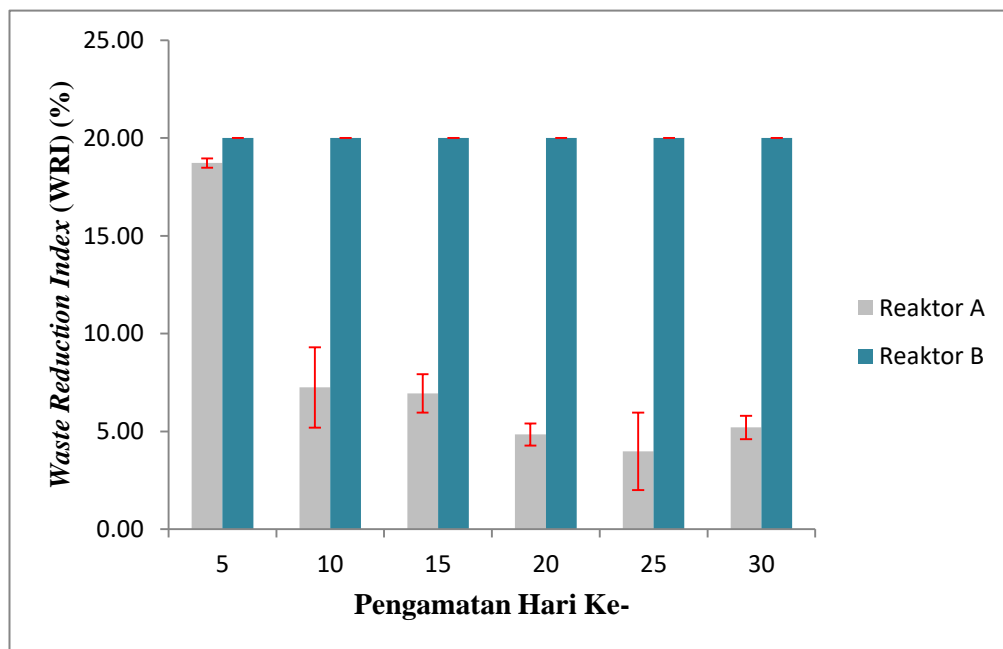
Berdasarkan hasil dari gambar grafik 4.1 dan gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa nilai laju penguraian berhubungan dengan *Waste Reduction Index (WRI)*/Indeks Pengurangan Sampah, berat kompos, dan suhu ruangan. Dapat dilihat perlakuan dengan pemberian *pollard* sebagai kontrol di reaktor B dengan reaktor A tidak terlalu signifikan perbedaannya. Nilai rata-rata berat kompos yang dihasilkan pada reaktor A sebesar 25,69 gram sedangkan pada reaktor B sebesar 26,05 gram. Menurut (Putra, 2022) pengujian WRI dilakukan untuk mengetahui seberapa besar ulat hongkong dapat mereduksi pakan yang diberikan. Pada grafik tersebut terlihat nilai WRI di reaktor A semakin menurun sehingga dapat dikatakan bahwa pemberian variasi umpan sampah masker medis dan *pollard* pada ulat hongkong optimal dalam degradasi. Penurunan nilai WRI pada reaktor A berkisar 18,72%-5,2% dan kestabilan pada reaktor B sebesar 20%.

Pada gambar grafik 4.1 dan gambar 4.2 menunjukkan suhu ruangan mempengaruhi berat kompos dan WRI walaupun tidak terlalu signifikan.

Menurut (Astuti, 2017), ulat hongkong memiliki suhu optimum untuk hidup. Pada musim hujan ulat hongkong memiliki suhu optimum berkisar antara 26,5°C - 27,5°C dan kelembaban sekitar 75,5%. Namun ulat hongkong dengan suhu 33°C sangat rentan mati. Adanya kematian tersebut dapat menghambat laju konsumsi umpan pada sampah masker medis dan pakan *pollard* sehingga nilai berat kompos juga berpengaruh.

4.1.1 Indeks Pengurangan Sampah (*Waste Reduction/WRI*)

Indeks pengurangan sampah pada penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa besar indeks pengurangan sampah masker medis oleh ulat hongkong yang dapat berkurang. Berikut hasil indeks pengurangan sampah dengan dua jenis reaktor yang berbeda perlakuannya:



Gambar 4.3 Hasil Standar Deviasi Nilai *Waste Reduction Index* (WRI)/Indeks Pengurangan Sampah Pada Setiap Reaktor dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

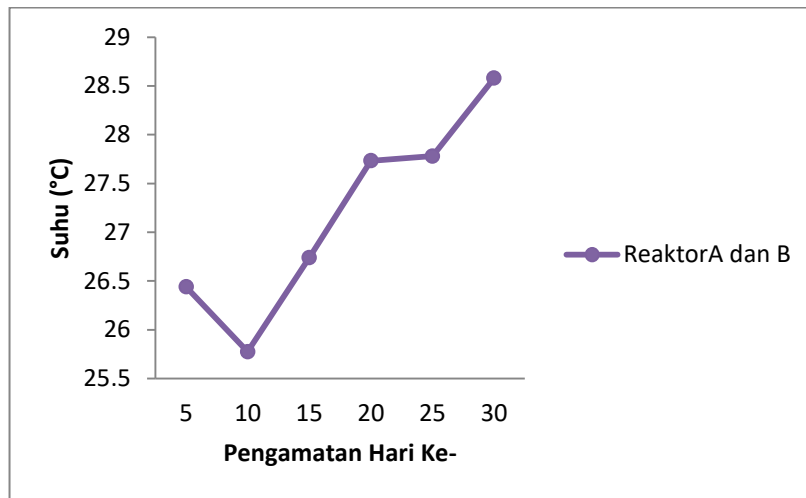
Berdasarkan hasil nilai indeks pengurangan sampah (WRI) gambar grafik 4.3 menunjukkan bahwa hasil nilai pada reaktor B konstan dan reaktor A tidak konstan. Hal ini dikarenakan pada reaktor A ulat hongkong diuji dengan

penambahan sampah masker medis dan nutrisi pakan *pollard*. Sedangkan reaktor B hanya diberi nutrisi pakan *pollard* sebagai pengontrol. Hasil rata-rata nilai tertinggi WRI terdapat pada reaktor B sebesar $20\% \pm 0\%$ dari hari ke-5 hingga ke-30. Sedangkan pada reaktor A nilai tinggi WRI pada hari ke-5 sebesar $18,72\% \pm 0,24\%$.

Menurut (Indra Putra, 2022), nilai WRI yang tinggi menunjukkan kemampuan ulat hongkong dalam mereduksi pakan dan sampah yang tinggi. Namun pada reaktor A dengan campuran sampah masker dan *pollard* menunjukkan hari ke-5 dengan nilai WRI 18,6%, hari ke-10 dengan nilai 4,85%, dan hari ke-15 dengan nilai 6,40%. Adanya kenaikan dan penurunan hasil nilai WRI pada setiap waktu disebabkan karena sampah masker medis yang sulit untuk di biodegradasi secara cepat. Hal ini menyangkut pada material bahan yang digunakan dalam pembuatan masker medis berupa *polypropylene*. Sebaliknya pada reaktor B dengan konsumsi *pollard* menunjukkan hasil yang konstan dengan nilai 20%. Hal ini menunjukkan konsumsi dengan pakan *pollard* oleh ulat hongkong terbilang optimal.

4.1.2 Suhu Ruang

Suhu merupakan peranan penting dalam pertumbuhan maupun aktivitas ulat hongkong. Menurut (Astuti, 2017) ulat hongkong memiliki suhu optimum untuk hidup. Pada musim hujan ulat hongkong memiliki suhu optimum berkisar antara $26,5^{\circ}\text{C}$ - $27,5^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban sekitar 75,5%. Namun ulat hongkong sangat rentan mati dengan suhu 33°C sangat rentan mati. Berikut gambar grafik pengukuran suhu ruangan

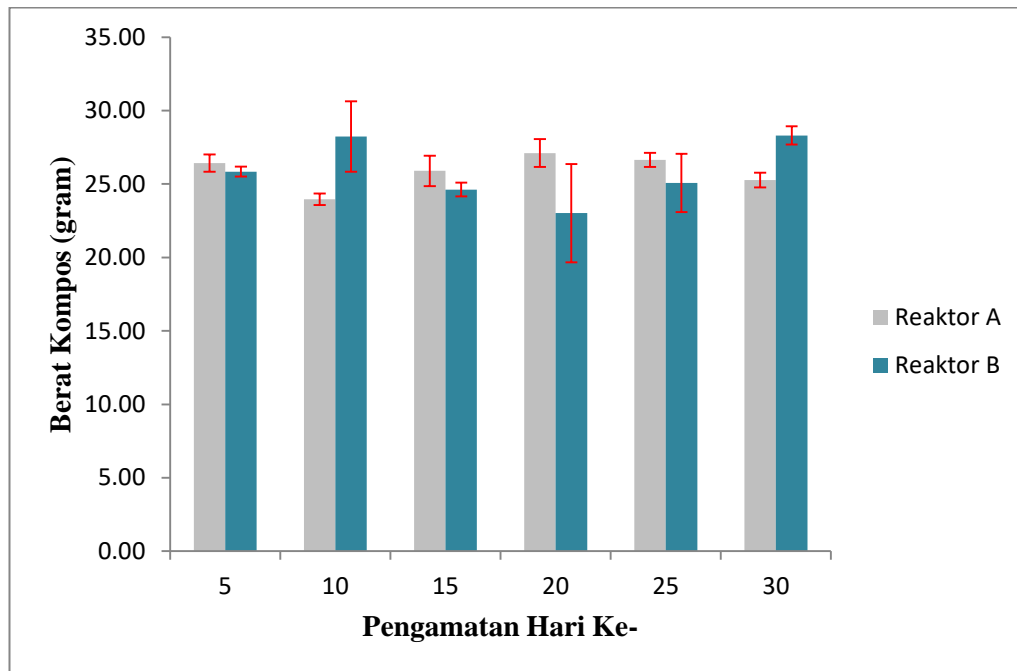


Gambar 4.4 Hasil Nilai Pengukuran Suhu Ruang pada Setiap Reaktor dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

Pada data grafik di atas menunjukkan suhu mengalami penurunan pada hari ke-10 dengan nilai 25.78°C dan kenaikan pada hari ke-15 dengan nilai 26.74°C. Dalam penelitian ini pengukuran suhu dilakukan setiap hari pada pagi hari untuk mendapatkan hasil yang akurat. Pada perubahan suhu ruangan dipengaruhi oleh faktor lingkungan sekitar, seperti terjadinya hujan dan musim kemarau.

4.1.3 Berat Kompos

Berat kompos pada ulat hongkong mempengaruhi seberapa efektif dalam mendegradasi sampah masker medis dengan tambahan nutrisi berupa *pollard*. Kompos yang dihasilkan oleh biodegradasi dengan ulat hongkong berupa *frass* yang merupakan kotoran ulat hongkong dengan kandungan unsur hara sehingga dapat menyuburkan tanah. Berikut hasil biodegradasi sampah masker medis dengan ulat hongkong:

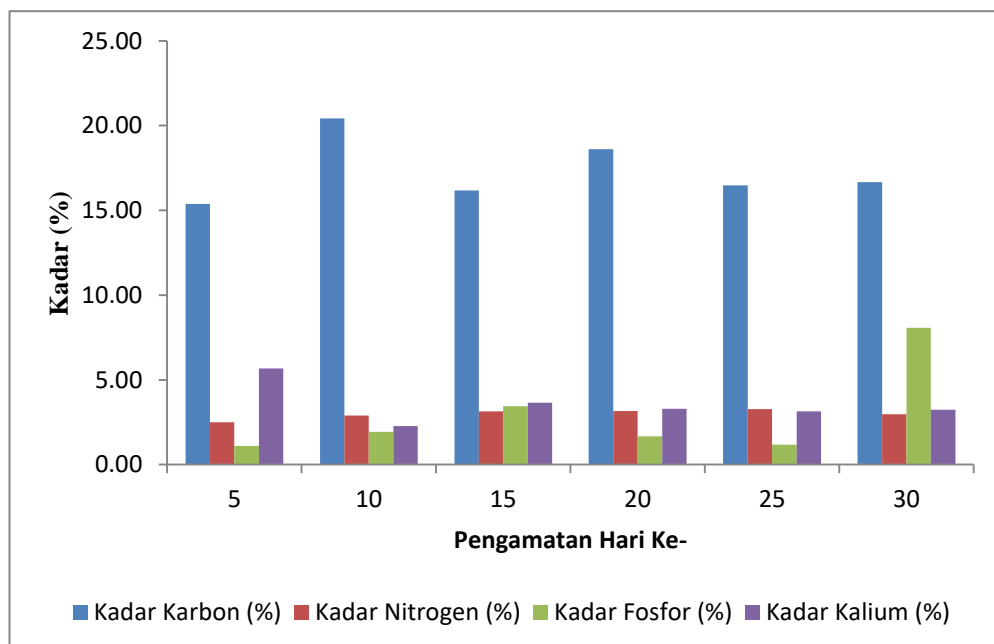


Gambar 4.5 Hasil Standar Deviasi Nilai Berat Kompos Pada Setiap Reaktor dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

Berdasarkan hasil grafik berat kompos diatas dapat dijelaskan bahwa perbedaan pada kedua reaktor A dan B tidak terlalu signifikan. Hasil rata-rata nilai tertinggi terdapat pada reaktor A hari ke-20 sebesar 26,64 gram \pm 0,48 gram. Sedangkan pada reaktor B nilai tertinggi terdapat di hari ke-30 sebesar 28,31 gram \pm 0,63 gram. Hasil tersebut menunjukkan reaktor A yang berisi sampah masker 5 gram dan *pollard* 45 gram nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor B *pollard* saja. Hal ini dikarenakan penambahan sampah masker medis membuat berat kompos bertambah besar dibandingkan dengan pemberian *pollard* saja. Menurut (Astuti, 2017), ulat hongkong memiliki suhu optimum untuk hidup. Pada musim hujan ulat hongkong memiliki suhu optimum berkisar antara 26,5°C - 27,5°C dan kelembaban sekitar 75,5%. Namun ulat hongkong dengan suhu 33°C sangat rentan mati. Adanya kematian tersebut dapat menghambat laju konsumsi umpan pada sampah masker medis dan pakan *pollard* sehingga nilai berat kompos juga berpengaruh.

4.2 Hasil Data Analisis Parameter Kimia

Hasil penelitian biodegradasi masker medis terhadap ulat hongkong berupa kotoran/*frass*. Kotoran ulat hongkong/*frass* dimanfaatkan sebagai kompos sehingga perlu adanya pengujian kualitas kompos. Pengujian ini mengacu pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik dengan cara kerja mengacu pada ISBN 978-602- 8039-21-5. Pengujian kualitas kompos dilakukan dengan parameter kimia berupa karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Berikut gambar grafik dari hasil analisis pengujian parameter kimia:

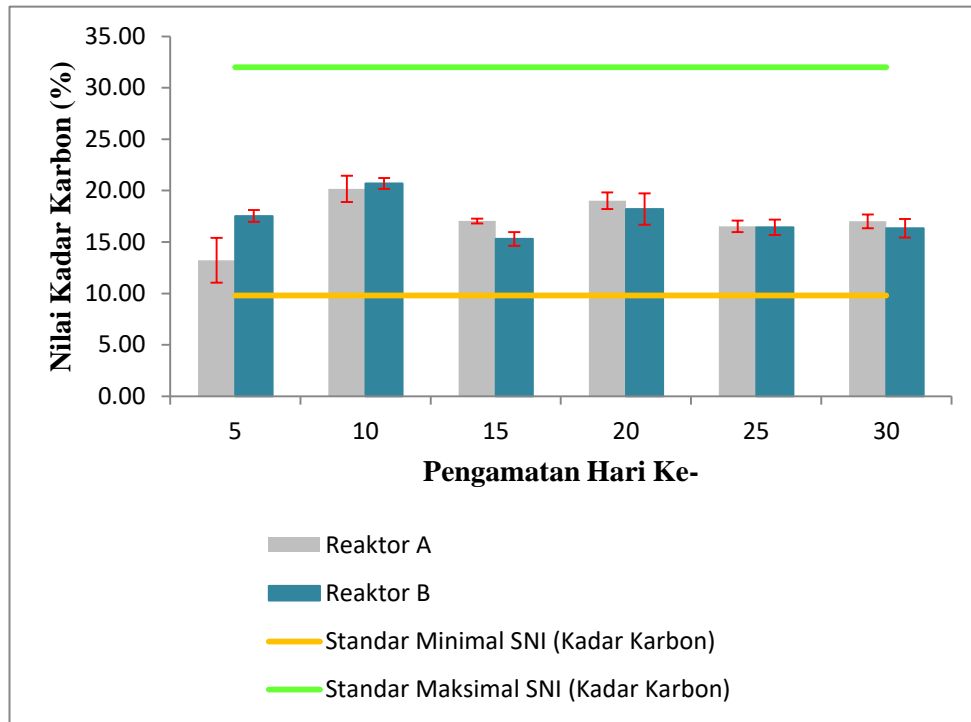


Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Analisis Parameter Kimia dari Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Oleh Ulat Hongkong dengan Tambahan Pollard

4.2.1 Parameter Karbon

Penelitian biodegradasi masker medis terhadap ulat hongkong menghasilkan kotoran yang dimanfaatkan sebagai kompos. Pengujian kompos tersebut menguji kadar karbon dalam kompos berupa mikroorganisme yang dapat menyuburkan pertumbuhan tanaman. Kandungan karbon dalam kompos mengacu pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik

Domestik dengan nilai standar 9,8%-32%. Berikut ini hasil nilai karbon dari dua reaktor dengan perlakuan berbeda:



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Karbon dengan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

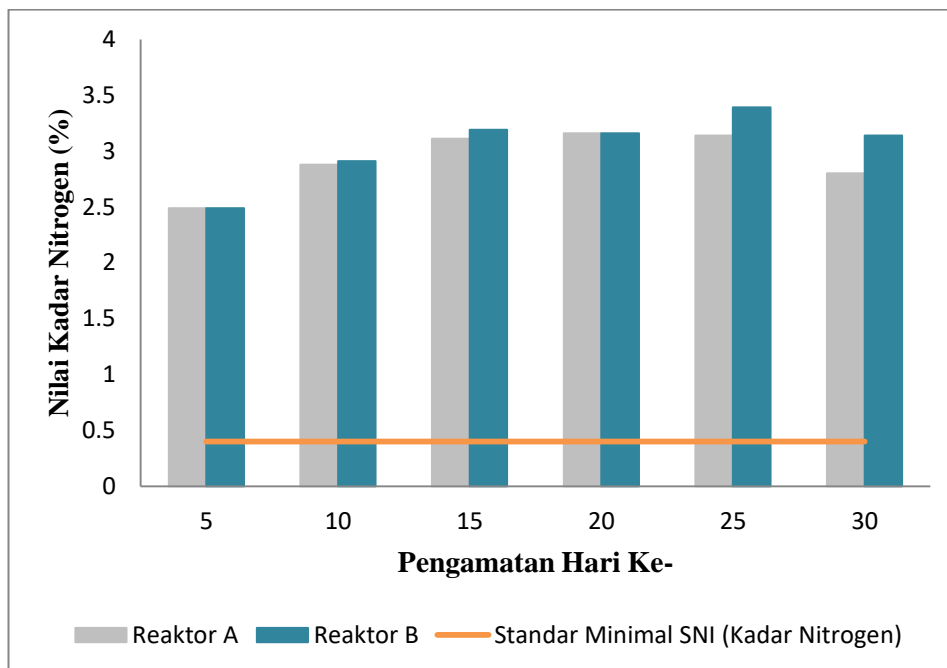
Pada hasil kadar karbon menunjukkan reaktor A dan B melebihi batas minimal 9,8% dan tidak melebihi batas maksimal sebesar 32%. Hasil rata-rata nilai tertinggi karbon terdapat pada reaktor A hari ke-20 sebesar $26,64\% \pm 0,48\%$. Sedangkan pada reaktor B nilai tertinggi terdapat di hari ke-30 sebesar $28,31\%$ dengan standar deviasi senilai $\pm 0,63\%$. Adanya kenaikan dan penurunan grafik dipengaruhi pada setiap waktu dipengaruhi oleh faktor suhu dan pemberian pakan. Kandungan karbon dalam kompos tidak hanya sebagai unsur hara namun dapat memperbaiki struktur tanah. Menurut (Banaget, 2019) kadar karbon yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak bakteri selulolitik dan enzim selulase yang dapat menguraikan zat organik dalam kompos.

Menurut (Houben, 2021) kotoran ulat hongkong/*frass* dalam pertanian dapat menggantikan sebagian atau seluruh dalam pembuatan pupuk mineral NPK.

Hal ini dikarenakan *frass* dapat termineralisasi untuk melepaskan nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Kandungan *frass* sebagai pupuk kompos juga dipengaruhi oleh pola konsumsi pakan pada ulat hongkong.

4.2.2 Parameter Nitrogen

Kadar nitrogen pada kompos merupakan suatu unsur hara yang bermanfaat untuk penyuburan tanah sehingga dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Dalam pengujian kadar nitrogen membutuhkan metode yang bernama metode Kjeldahl. Menurut (Bakhtera, 2016) metode kjeldahl merupakan metode sederhana yang dapat menetapkan kadar protein, nitrogen total pada asam amino, dan senyawa lainnya yang mengandung nitrogen. Berikut nilai kadar nitrogen pada pengujian kompos:



Gambar 4.8 Perbandingan Nilai Kadar Nitrogen dan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

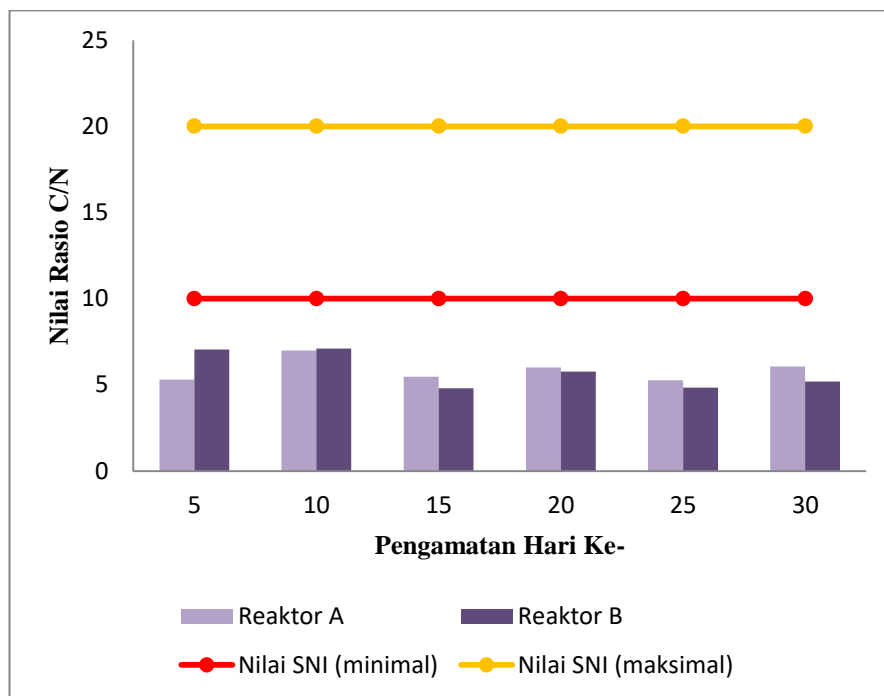
Berdasarkan hasil grafik 4.7 menunjukkan bahwa kandungan nitrogen pada reaktor B lebih tinggi dibandingkan reaktor A. Hal ini dikarenakan pada reaktor B hanya diberikan nutrisi *pollard* saja tanpa tambahan sampah masker medis. Nilai nitrogen pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa sudah memenuhi SNI 19-7030-2004 dengan batas kadar minimal sebesar 0,4%. Menurut

(Yusmayani, 2019) kandungan nitrogen pada kompos memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur dan mikrobiologi dalam tanah.

Menurut (Nogalska, 2023) kandungan nitrogen pada kotoran ulat hongkong/*frass* dalam pengomposan merupakan sumber nutrisi yang baik. Tingkat optimal pupuk kompos dari *frass* dalam substrat hortikultura untuk tanaman ditentukan dengan penekanan khusus dalam kadar nitrogen mineral. Dengan demikian *frass* dapat meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman

4.2.3 Rasio C/N

Rasio C/N terdiri dari unsur kimia karbon (C) dan nitrogen (N) yang saling berhubungan. Kedua unsur kimia tersebut memiliki enzim yang dapat melakukan metabolisme. Menurut (Simanungkalit, 2006) prinsip dari pengomposan yaitu dapat menurunkan rasio C/N bahan organik antara 10-20. Berikut hasil rasio C/N:



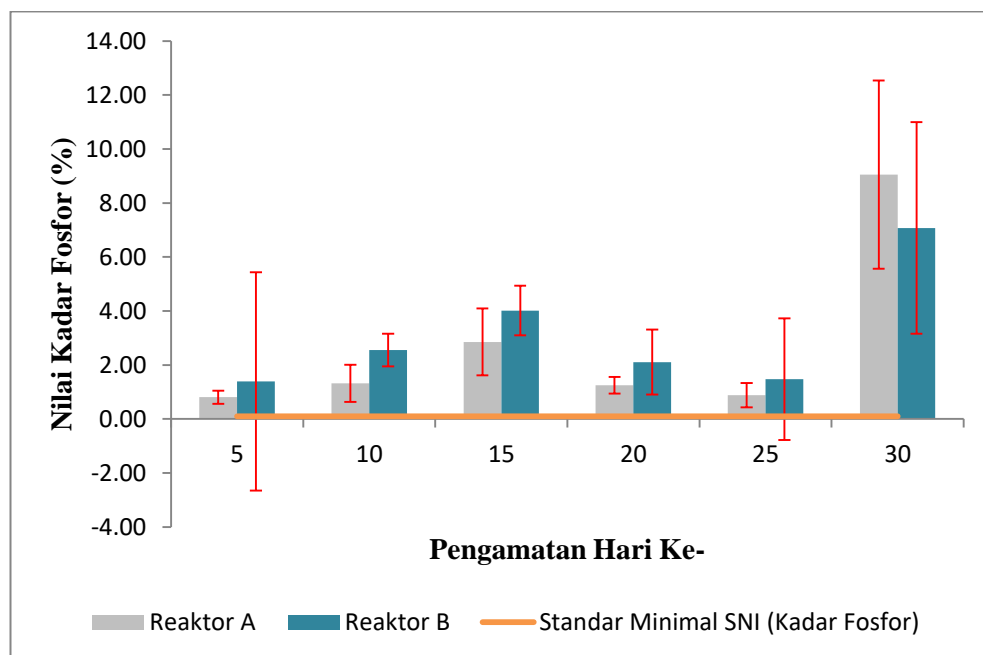
Gambar 4.9 Hasil Nilai Rasio C/N dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

Berdasarkan hasil grafik 4.8 nilai rasio C/N kurang dari batas minimal sehingga tidak memenuhi SNI 19-7030-2004. Dapat dilihat nilai rata-rata rasio

C/N sebesar 5,87 sehingga dibawah batas minimal. Rasio C/N tidak memenuhi standar SNI 19-7030-2004 karena nilai karbon terlalu rendah sehingga nilai rasio C/N juga rendah. Hal ini membuat kriteria mutu dan kualitas kompos belum bagus. Salah satu penyebab nilai rasio C/N kurang dari batas minimal karena kadar air yang kurang. Menurut (Simanungkalit, 2006) rasio C/N yang rendah atau kurang dari 10 menyebabkan mutu dan kualitas tanaman yang tumbuh menjadi rendah. Pada rasio C/N yang tinggi atau diatas 20 menyebabkan dekomposisi terhambat dan menghambat pertumbuhan tanaman karena kekurangan nitrogen. Menurut (Sitompul, 2017) adanya penurunan pada nilai rasio C/N bisa diakibatkan karena dekomposisi yang cepat. Disisi lain kecepatan dekomposisi dapat menurun akibat kekurangan C sebagai sumber energi. Nilai rasio C/N dibawah 20 diakibatkan juga kelebihan nitrogen sehingga dalam bentuk gas NH_3 .

4.2.4 Parameter Fosfor

Pada parameter fosfor diuji dengan alat berupa spektrofotometri UV- Vis. Alat ini digunakan sebagai pengukur adsorban suatu sampel yang berfungsi untuk mengetahui panjang gelombang tertentu. Dari hasil pengujian dengan alat spektrofotometri UV-Vis, dapat menghasilkan data kadar fosfor sebagai berikut :

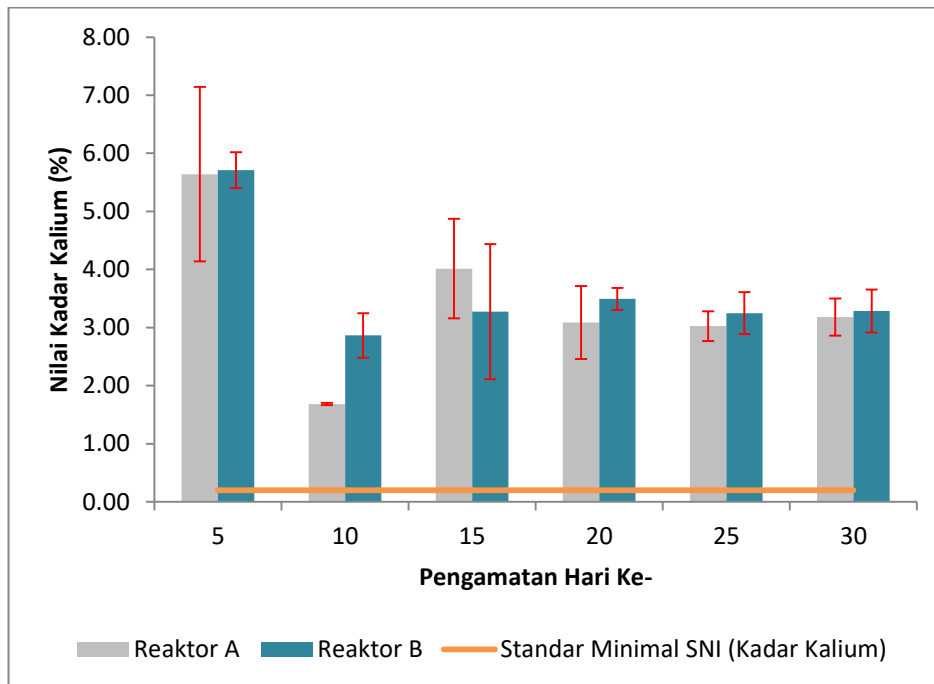


Gambar 4.10 Perbandingan Nilai Kadar Fosfor dan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

Berdasarkan hasil kadar fosfor dapat dilihat bahwa batas nilai minimum sebesar 0,1% sudah memenuhi standar. Hasil rata-rata nilai tertinggi terdapat pada reaktor A hari ke-30 sebesar $9,05\% \pm 3,49\%$. Sedangkan pada reaktor B nilai tertinggi terdapat di hari ke-15 sebesar $4,01\% \pm 0,92\%$. Hal utama yang mempengaruhi kadar fosfor meningkat pada hari ke-30 dikarenakan penyimpanan sampel yang terlalu lama sehingga menyebabkan kadar air meningkat. Menurut (Kaswinarni, 2020) kadar fosfor yang tinggi dapat dikaitkan dengan nilai kadar nitrogen. Apabila nilai kadar nitrogen tinggi maka jumlah mikroba dalam kompos semakin banyak sehingga fosfor yang dirombak akan meningkat. Menurut (Houben, 2020) kotoran ulat hongkong/*frass* memiliki konsentrasi fosfor yang kualitasnya hampir sama dengan pupuk kandang khususnya kotoran unggas. Kotoran ulat hongkong/*frass* cepat dalam temineralisasi setelah digabungkan ke dalam tanah. Hal ini dikarenakan kotoran serangga seperti ulat hongkong dapat terdekomposisi cepat.

4.2.5 Parameter Kalium

Kadar kalium pada kompos memiliki peran penting dalam penyuburan tanaman untuk membentuk protein dan karbohidrat. Pada pengujian kadar kalium menggunakan sebuah alat berupa AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Berikut nilai kadar kalium pada pengujian kompos :



Gambar 4.11 Perbandingan Nilai Kadar Kalium dan SNI 19-7030-2004 dengan Pengulangan Penelitian Sebanyak tiga kali (*triplicate*)

Berdasarkan hasil grafik diatas menunjukkan pada hari ke-5 terjadi kenaikan signifikan. Hasil rata-rata nilai tertinggi terdapat pada reaktor A hari ke-5 sebesar 5,64% dengan standar deviasi senilai $\pm 1,5\%$. Sedangkan pada reaktor B nilai tertinggi terdapat di hari ke-5 sebesar 5,71% dengan standar deviasi senilai $\pm 0,31\%$. Dapat dilihat pada grafik mengalami kenaikan dan penurunan walaupun tidak signifikan. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan dalam pemberian umpan pakan pada reaktor A dan B. Di samping itu juga dipengaruhi oleh kandungan kadar air pada sampel walaupun tidak terlihat signifikan. Menurut (Beesigamukama, 2022) tingginya jumlah nilai pada kalium pada pupuk kompos dari kotoran ulat hongkong/*frass* dapat memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman dengan merangsang aktivitas mikroba tanah, mengurangi keasaman, mengurangi salinitas tanah, dan meningkatkan unsur hara.

4.3 Aplikasi Proses Biodegradasi Sampah Masker Medis dengan Ulat Hongkong

Dalam memanfaatkan ulat hongkong sebagai agen dalam biodegradasi sampah masker medis dapat diterapkan pada skala rumah tangga. Sampah masker yang sudah dipilah dari sampah lainnya dapat dipisah kembali antara kawat

hidung dan tali masker. Dalam penggunaan wadah penyimpanan pada ulat hongkong dapat berupa wadah plastik dengan ketinggian minimal 15 cm dan luas wadah tergantung seberapa banyak ulat hongkong yang digunakan. Penggunaan wadah plastik meminimalisir ulat hongkong dapat merambat keluar wadah. Selain itu juga perlu menggunakan penutup tidak kedap udara untuk menghalangi faktor serangga lain yang masuk ke dalam wadah.

Timbulan sampah masker medis dapat diasumsikan dalam skala rumah tangga dengan 1 Kartu Keluarga (KK) berisi 5 orang. Setiap orang yang menggunakan masker medis dapat mengumpulkan 4 masker/5 hari sehingga total sampah masker ditimbulkan sebesar 20 masker/5 hari. Dalam satu masker memiliki berat 2,5 gram sehingga total timbulan sampah dalam satu keluarga sebesar 50gr/5 hari. Pada penelitian ini ulat hongkong dapat mendegradasi sampah masker medis 3,6 gram/5 hari.

Hasil dari biodegradasi sampah masker medis berupa *frass*/kotoran ulat hongkong yang dapat dijadikan pupuk organik karena memiliki kandungan setara dengan unsur hara dalam pupuk. Dalam pemberian makanan pada ulat hongkong dapat berupa *pollard* yang memiliki kandungan protein yang tinggi. Namun pembelian *pollard* dapat mengurangi keuangan masyarakat sehingga perlu adanya makanan sampingan ulat hongkong. Dapat berupa limbah dapur berupa sayur maupun buah-buahan yang sudah kering. Selain itu pelepah pisang di kebun masyarakat dapat dijadikan sumber air untuk konsumsi ulat hongkong.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisis Efisiensi Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis dengan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan Parameter Kimia dapat disimpulkan :

1. Hasil analisis biodegradasi sampah masker medis menjadi kompos oleh ulat hongkong dihasilkan dari laju penguraian pada reaktor A dan B. Pada reaktor A hasil laju penguraian terbilang rendah dibandingkan reaktor B. Hal ini dikarenakan pada reaktor A diberi sampah masker dengan tambahan *pollard* sedangkan reaktor B hanya menggunakan *pollard* saja. Faktor suhu juga mempengaruhi hasil berat kompos dikarenakan suhu yang tinggi dapat mengganggu kinerja ulat dalam mengonsumsi pakan.
2. Pada hasil uji nilai kadar karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium beberapa sudah memenuhi SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Namun hasil nilai rasio C/N tidak memenuhi standar karena dekomposisi pada karbon sangat cepat. Nilai rasio C/N dibawah 20 juga diakibatkan kelebihan nitrogen sehingga dalam bentuk gas NH_3 .

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian Analisis Efisiensi Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis dengan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor L.*) menggunakan Parameter Kimia terdapat saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya. Berikut saran yang dapat digunakan :

1. Menganalisis durasi waktu yang optimal untuk mendegradasi masker medis secara utuh dengan ulat hongkong
2. Meningkatkan ketelitian dalam pengujian di laboratorium khususnya

pada parameter kimia (karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium)

3. Melakukan penelitian lebih lanjut dalam pemberian variasi umpan sampah masker medis dan *pollard* pada ulat hongkong untuk mengoptimalkan degradasi
4. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui kandungan mikroplastik pada kompos

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Akber Abbasi, S. K. (2020). Extensive use of face masks during COVID-19 pandemic: (micro-) plastic pollution and potential health concerns in the Arabian Peninsula. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3181-3186.
- Amuah, E. A.-B. (2022). Are used face masks handled as infectious waste? Novel pollution driven by the COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 13, 200062.
- Apriliyanti, N. J. (2022). Edukasi Tentang Penggunaan Masker dan Pengelolaan Sampah Masker Pada Ibu-Ibu PKK RT 033, Rw 09 Kelurahan Demangan, Kecamatan Gondokusuman, Yogyakarta. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 47-52.
- Asngad, A. S. (2020). Kualitas Pupuk Organik Dari Limbah Sayuran Secara Vermicomposting Menggunakan *Lumbriscus terrestris* Dan Ulat Hongkong Dengan Penambahan Darah Sapi. *Artikel Pemakalah Paralel*, 537-544.
- Astuti, F. I. (2017). Peningkatan Produksi Ulat Hongkong Di Peternak Rakyat Desa Patihan, Blitar Melalui Teknologi Modifikasi Ruang Menggunakan Exhaust dan Termometer Digital Otomatis. *Jurnal Akses Pengabdian Indonesia*, 1(2), 39-48.
- Bakhtra, D. M. (2016). Penetapan Kadar Protein Dalam Telur Unggas Melalui Analisis Nitrogen Menggunakan Metode Kjeldahl. *Jurnal Farmasi Higea*, 8(2), 143-150.
- Banaget, C. K. (2019). Pengaruh Perubahan Parameter Fisik-Kimia terhadap Aktivitas Mikroorganisme selama Proses Pengomposan Sampah Organik Kantin. *SPECTA Journal of Technology*, 1(3), 55-64.
- Beesigamukama, D. S. (2022). Nutrient quality and maturity status of frass fertilizer from nine edible insects. *Scientific Reports*, 12, 7182.
- Bogusz, R. S. (2022). The selected quality aspects of infrared-dried black soldier fly (*Hermetia illucens*) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae

- pre-treated by pulsed electric field. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103085.
- Budiman, A. S. (2022). Analisis Mekanik Lembaran Plastik Hasil Pengolahan Limbah Masker Medis Tiga Lapis Dengan Variasi Berat. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 7(2), 73-78.
- Bulak, P. P. (2021). Biodegradation of Different Types of Plastics by *Tenebrio molitor* Insect. *Polymers*, 13(20), 3508.
- Dwicania, E. (2019). *Biodegradasi Limbah Plastik Oleh Mikroorganisme*. INA-Rxiv. Jakarta, Indonesia: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti.
- Ekaputra, R. S. (2018). Pengaruh Pemberian Pollard Pada Fermentasi Jus Kubis Terhadap Uji Kualitas Organoleptis dan Mikrobiologis. *Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan VI: Pengembangan Sumber Daya Genetik Ternak Lokal Menuju Swasembada Pangan Hewani ASUH, Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman*, 280-285.
- Fidiastuti, H. (2014). Potensi Bakteri Indigen Dalam Biodegradasi Air Sungai. *Jurnal Universitas Jember*, 16(1), 29-39.
- Gesriantuti, N. B. (2022). Pengaruh Kombinasi Pakan terhadap Kemampuan Larva *Tenebrio molitor* dalam Mendegradasi Limbah Masker Medis Surgical. *Photon 12*, 12(2), 141–147.
- Hakim, A. P. (2017). Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(2), 181-193.
- Houben, D. D.-M. (2021). Assessment of the Short-Term Fertilizer Potential of Mealworm Frass Using a Pot Experiment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 714596.
- Houben, D. D.-P.-M. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Scientific Reports*, 1-10.
- Houben, D., Daoulas, G., & Dulaurent, A. (2021). Assessment of the Short-Term Fertilizer Potential of Mealworm Frass Using a Pot Experiment. *Front. Sustain. Food Syst*, 5, 714596.

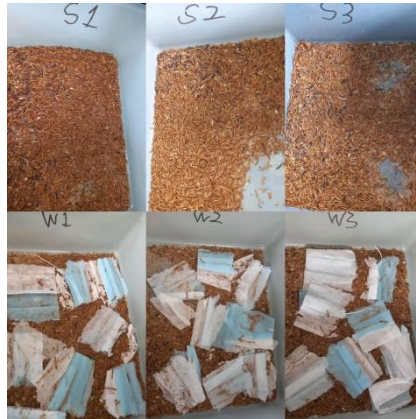
- Hui Li, A. S. (2022). Adverse environmental effects of disposable face masks due to the excess usage. *Environmental Pollution*, 308, 19674.
- Indra Putra, I. M. (2022). Laju Degradasi Beberapa Jenis Plastik Menggunakan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.) dan Ulat Jerman (*Zophobas atratus* F.). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 23(1), 1-8.
- Jemec Kokalj, A. D. (2022). Effects of microplastics from disposable medical masks on terrestrial invertebrates. *Journal of Hazardous Materials*, 438, 129440.
- Jemec Kokalj, A. D. (2022). Environmental hazard of polypropylene microplastics from disposable medical masks: acute toxicity towards *Daphnia magna* and current knowledge on other polypropylene microplastics. *Microplastics and Nanoplastics*, 2(1), 1-15.
- Kasdjono, E. B. (2022). Pengelolaan Limbah Padat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Pada Masa Pandemi COVID-19 Di Siloam Hospitals TB Simatupang. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(5), 6221-6233.
- Kaswinarni, F. N. (2020). Kadar Fosfor, Kalium dan Sifat Fisik Pupuk Kompos Sampah Organik Pasar dengan Penambahan Starter EM4, Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam. *Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 12(1), 1-6.
- Kvassay, G. (2021). *Yellow Mealworm Life Cycle*. Retrieved agustus 21, 2023, from breedinginsects.com: <https://www.breedinginsects.com/yellow-mealworm-life-cycle>
- Nogalska, A. P. (2023). The Effect of Mealworm Frass on the Chemical and Microbiological Properties of Horticultural Peat in an Incubation Experiment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1-16.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 02/Pert/HK.060/2/2006 tentang Pupuk Organik dan Pembenh Tanah . (n.d.).
- Purnomo, E. S. (2017). Pengaruh Variasi C/N Rasio Terhadap Produksi Kompos dan Kandungan Kalium (K), p=Pospat (P) dari Batang Pisang Dengan Kombinasi Kotoran Sapi Dalam Sistem Vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 1-15.

- Putra, I. R. (2022). Laju Degradasi Beberapa Jenis Paper Pulp Menggunakan Ulat Hongkong (*Tenebrio Molitor* L.) di Laboratorium. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 5(2), 101-109.
- Simanungkalit, R. S. (2006). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sitompul, E. W. (2017). Studi Identifikasi Rasio C/N Pengolahan Sampah Organik Sayuran Sawi, Daun Singkong, dan Kotoran Kambing dengan Variasi Komposisi Menggunakan Metode Vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 1-12.
- SNI 19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. (n.d.).
- Utama, C. S. (2019). Pengaruh Pemberian Berbagai Pollard Terolah Terhadap Pertumbuhan Organ Pencernaan Ayam Broiler Umur 7 Minggu. *Jurnal Litbang*, 17(1), 101-110.
- Wahab, H. (2016, April 19). *Belajar Metamorfosis (Ulat Hongkong)*. Retrieved Juli 17, 2022, from ray0fsunshine.wordpress.com: <https://ray0fsunshine.wordpress.com/2016/04/19/belajar-metamorfosis-ulat-hongkong/>
- Wang, L. L. (2023). Global face mask pollution: threats to the environment and wildlife, and potential solutions. *Science of The Total Environment*. *Science of the Total Environment*, 887, 164055.
- Yang, L. G.-M. (2021). Biodegradation of expanded polystyrene and low-density polyethylene foams in larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad versus limited extent depolymerization and microbe-dependence versus independence. *Chemosphere*, 262, 127818.
- Yusmayani, M. (2019). Analisis Kadar Nitrogen Pada Pupuk UREA, Pupuk Cair, dan Pupuk Kompos dengan Metode Kjeldahl. *AMINA*, 1(1), 28-34.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran I Dokumentasi Penelitian



Gambar Reaktor W dan S



Gambar Variasi Berat Umpan Reaktor W dan S



Gambar Pengukuran Suhu Kompos dan Ruang



Gambar Pengukuran Karbon



Gambar Pengukuran Fosfor



Gambar Pengukuran Kalium

Lampiran II Data dan Tabel Perhitungan

Tabel Data Analisis Suhu Ruangan (°C) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A dan B | 26.44 | 25.775 | 26.74 | 27.73 | 27.78 | 28.58 |

Tabel Data Analisis Suhu Kompos (°C) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 27.54 | 27.22 | 26.92 | 28.02 | 28.16 | 28.64 |
| A2 | 27.52 | 26.78 | 26.98 | 28.13 | 28.46 | 28.88 |
| A3 | 27.64 | 27.06 | 27.08 | 28.00 | 28.36 | 28.40 |
| B1 | 28.12 | 27.00 | 27.78 | 28.22 | 28.68 | 28.76 |
| B2 | 28.08 | 26.96 | 27.58 | 28.32 | 28.58 | 28.84 |
| B3 | 28.08 | 26.92 | 27.62 | 28.32 | 28.68 | 29.14 |

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

Tabel Data Analisis Berat Ulut (gram) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 103 | 105 | 108 | 112 | 114 | 118 |
| A2 | 102 | 104 | 106 | 111 | 112 | 115 |
| A3 | 102 | 104 | 107 | 112 | 115 | 117 |
| B1 | 105 | 106 | 109 | 117 | 118 | 123 |
| B2 | 103 | 105 | 109 | 116 | 119 | 121 |

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

Tabel Data Analisis Berat Kompos (gram) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 25.42 | 24.63 | 25.48 | 25.52 | 26.63 | 25.26 |
| A2 | 26.33 | 24.00 | 24.25 | 26.85 | 26.65 | 26.14 |
| A3 | 26.53 | 23.91 | 26.30 | 27.37 | 25.81 | 25.27 |
| B1 | 25.75 | 24.14 | 24.53 | 22.44 | 25.72 | 28.22 |
| B2 | 26.40 | 28.65 | 23.82 | 28.73 | 24.42 | 27.24 |
| B3 | 25.93 | 27.82 | 24.72 | 23.60 | 28.30 | 28.40 |

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

Tabel Data Analisis Konsumsi Umpan (%) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| Reaktor | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 70.69 | 70.17 | 68.16 | 61.64 | 60.00 | 63.01 |
| A2 | 65.31 | 66.06 | 63.35 | 64.40 | 59.88 | 62.98 |
| A3 | 58.66 | 59.97 | 66.53 | 62.57 | 68.52 | 60.40 |
| B1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| B2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| B3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

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

Tabel Data Analisis Indeks Pengurangan Sampah/*Waste Reduction Index* (WRI) (%) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 18.83 | 8.07 | 7.26 | 4.66 | 4.00 | 5.21 |
| A2 | 18.61 | 6.42 | 5.34 | 5.76 | 3.95 | 5.19 |
| A3 | 18.35 | 3.99 | 6.61 | 5.03 | 7.41 | 4.16 |
| B1 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| B2 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| B3 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

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

Tabel Data Analisis Efisiensi Konversi Umpan Tercerna/*Efficiency of Conversion of Digested feed (ECD)* dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| Reaktor | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 0.14 | 0.22 | 0.37 | 0.58 | 0.72 | 0.86 |
| A2 | 0.10 | 0.18 | 0.27 | 0.56 | 0.62 | 0.74 |
| A3 | 0.10 | 0.18 | 0.34 | 0.64 | 0.71 | 0.82 |
| B1 | 0.21 | 0.23 | 0.35 | 0.62 | 0.74 | 1.06 |
| B2 | 0.13 | 0.23 | 0.34 | 0.75 | 0.74 | 0.92 |
| B3 | 0.21 | 0.27 | 0.36 | 0.61 | 0.92 | 1.02 |

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

Tabel Data Analisis Nilai Karbon (%) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 12.7 | 19.9 | 17.0 | 19.0 | 16.5 | 16.8 |
| A2 | 16.9 | 22.3 | 16.6 | 19.1 | 16.6 | 18.1 |
| A3 | 13.8 | 20.4 | 17.1 | 17.6 | 17.5 | 17.2 |
| B1 | 18.3 | 20.8 | 15.4 | 18.3 | 16.7 | 16.6 |
| B2 | 17.2 | 21.6 | 15.2 | 15.6 | 15.2 | 17.8 |
| B3 | 17.9 | 20.5 | 16.4 | 18.1 | 16.1 | 16.1 |

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

Tabel Data Analisis Nilai Nitrogen (%) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A | 2.49 | 2.88 | 3.11 | 3.16 | 3.14 | 2.80 |
| B | 2.49 | 2.91 | 3.19 | 3.16 | 3.39 | 3.14 |

Tabel Data Analisis Nilai Rasio C/N dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A | 5.31 | 7.00 | 5.48 | 6.02 | 5.26 | 6.07 |
| B | 7.04 | 7.11 | 4.80 | 5.76 | 4.84 | 5.20 |

Tabel Data Analisis Nilai Fosfor (%) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 0.41 | 1.45 | 2.63 | 1.17 | 1.61 | 3.08 |
| A2 | 0.87 | 1.18 | 0.73 | 1.77 | 1.02 | 9.56 |
| A3 | 0.74 | 0.15 | 3.07 | 1.32 | 0.73 | 8.54 |
| B1 | 8.39 | 2.79 | 2.47 | 4.09 | 2.51 | 6.92 |
| B2 | 1.45 | 2.32 | 4.26 | 1.74 | 0.44 | 7.22 |
| B3 | 1.32 | 1.59 | 3.77 | 2.47 | 4.93 | 0.29 |

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

Tabel Data Analisis Nilai Kalium (%) dengan Penelitian Selama 30 hari dalam tiga kali Pengulangan Pengujian (*triplicate*)

| REAKTOR | Pengamatan Hari Ke- | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A1 | 5.44 | 1.65 | 2.57 | 3.34 | 2.99 | 3.69 |
| A2 | 5.84 | 1.69 | 4.20 | 2.84 | 3.47 | 3.06 |
| A3 | 3.06 | 1.68 | 3.83 | 4.09 | 3.06 | 3.30 |
| B1 | 6.19 | 2.84 | 5.28 | 3.48 | 3.19 | 3.89 |
| B2 | 5.57 | 3.53 | 3.40 | 3.82 | 2.64 | 3.16 |
| B3 | 5.85 | 2.89 | 3.14 | 3.50 | 3.31 | 3.41 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Dahayu Wirastuti biasa dipanggil Ayu yang lahir di Denpasar, 1 Januari 2001. Penulis merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara yang memiliki kedua orang tua bernama Bapak Subiyantoro dan Ibu Erna Dewistuti. Selama ini penulis menempuh jenjang pendidikan Sekolah Dasar di SD Kemala Bhayangkari 1 Surabaya (2008-2009) dan pindah ke SDN Rejowinangun 3 Yogyakarta (2009-2013). Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 10 Yogyakarta (2013-2016), SMAN 1 Sewon, dan melanjutkan ke jenjang lebih tinggi S1 di Universitas Islam Indonesia (UII) jurusan Teknik Lingkungan (2019-2023).

Selama menjalani proses pendidikan mahasiswa S1, penulis mengikuti serangkaian beberapa aktivitas di luar akademik. Pada awal semester tiga menjadi asisten laboratorium kimia dasar dan mengikuti organisasi jurusan selama dua periode bernama Zero Waste FTSP UII (2020-2021). Pada semester empat mengikuti kegiatan Lembaga Swadaya Masyarakat bernama Bye Bye Plastic Bags Yogyakarta selama 2 periode (2021-2022). Pada semester enam melakukan kerja praktik di sebuah perusahaan PT. PLN Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Yogyakarta (2022).