TA/TL/2023/1762

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL BIODEGRADASI SAMPAH SAYURAN DAN MASKER MEDIS MENGGUNAKAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*) BERDASARKAN PARAMETER KIMIA

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

ARSYAD MAULANA
19513089

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL BIODEGRADASI SAMPAH SAYURAN DAN MASKER MEDIS MENGGUNAKAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*) BERDASARKAN PARAMETER KIMIA

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

ARSYAD MAULANA
19513089

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155130507
Tanggal:

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D.
NIK. 155130505
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 16 Februari 2024

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS HASIL BIODEGRADASI SAMPAH SAYURAN DAN SAMPAH MASKER MENGGUNAKAN ULAT JERMAN (*Zophobas morio*) BERDASARKAN PARAMETER KIMIA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 16 Februari 2024

Disusun Oleh:

ARSYAD MAULANA
19513089

Tim Penguji :

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. ( ) 16/2 24

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. ( ) 16/2 24

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng. ( ) 16/2 24

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 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,



Arsyad Maulana

NIM: 19513089

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Sayur dan Sampah Masker Medis Berdasarkan Parameter Kimia Menggunakan Ulat Jerman *(Zophobas morio*)".** Penyusunan laporan tugas akhir ini salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun pada akhirnya dengan adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual penulis mampu melaluinya dengan baik. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

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. Dosen Penguji Bapak Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.
5. Seluruh dosen, karyawan, dan laboran Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia

6. Teman-teman kelompok tugas akhir (Andyani, Fachrizal, Dahayu, Rizky dan Akbar) yang memberikan dukungan dan bantuan selama pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman *circle* "Hari-hari Piknik" yang selalu mengingatkan dan memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. 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 bagi kalangan luar dan digunakan dengan sebaik mungkin oleh penulis dan semua pihak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 16 Februari 2024

Penulis



(Arsyad Maulana)

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

ARSYAD MAULANA. Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Sayuran dan Sampah Masker Medis Berdasarkan Parameter Kimia 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.

Kondisi Indonesia saat ini sangatlah memperhatikan terutama dalam pengelolaan sampah. Dimana teknologi pengolahan sampah berpengaruh besar untuk kenyamanan maupun kesehatan manusia. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi alternatif dalam pengolahan sampah agar dapat mengurangi timbulan sampah pada negara Indonesia. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis hasil degradasi yang kemudian akan diuji dan dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu eksperimental menggunakan ulat jerman sebanyak 200 ekor dengan umur 2 bulan dan pemberian umpan sayuran dan masker secara triplo. Didapatkan laju penguraian di reaktor A lebih tinggi dibandingkan reaktor B. Hasil analisis konsumsi umpan reaktor A mencapai 100% sedangkan reaktor B mencapai 82%. Nilai WRI dari reaktor A sebesar 20% sedangkan reaktor B sebesar 16,4%. Lalu, berat total ulat pada hari ke-10 dengan berat tertinggi pada reaktor A sebesar 86 gr/ekor. Sedangkan pada reaktor B sebesar 82 gr/ekor. Nilai karbon tertinggi pada reaktor A sebesar 0,18%. Sedangkan pada reaktor B sebesar 0,20%. Untuk nilai nitrogen tertinggi pada reaktor A sebesar 11,17%. Sedangkan pada reaktor B sebesar 8,46%. Pada nilai rasio c/n nilai tertinggi pada reaktor A sebesar 5,8%. Sedangkan pada reaktor B sebesar 6,7%. Untuk nilai fosfor tertinggi pada reaktor A sebesar 7,37%. Sedangkan pada reaktor B sebesar 6,85%. Untuk nilai kalium tertinggi pada reaktor A sebesar 7%. Sedangkan pada reaktor B sebesar 6,6%.

Kata Kunci: Indonesia, Kompos, Organik, Reaktor, Sampah, Ulat Jerman

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRACT

ARSYAD MAULANA. *Analysis of Biodegradation Results of Vegetable Waste and Mecical Mask Based on Chemical Parameters Using Germany Caterpillars (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 current condition of Indonesia is very concerned, especially in waste management. Where waste processing technology has a big effect on the comfort and health of human. Therefore, alternative technology is needed in waste processing in order to reduce waste generation in Indonesia. The purpose of this study is to analyze the degradation results which will then be tested and compared with SNI 219-7030-2004 concerning Compost Specifications from Domestic Organic Waste. In this study, the method used was experimental using 200 German caterpillars with an age of 2 months and giving vegetable bait and masks triplo. It was found that the decomposition rate in reactor A was higher than reactor B. The results of the analysis of feed consumption of reactor A reached 100% while reactor B reached 82%. The WRI value of reactor A is 20% while reactor B is 16.4%. Then, the total weight of the caterpillar on the 10th day with the highest weight in reactor A was 86 gr / head. While in reactor B it is 82 gr / head. The highest carbon value in reactor A was 0.18%. While in reactor B it is 0.20%. For the highest nitrogen value in reactor A of 11.17%. While in reactor B it was 8.46%. At the highest c/n ratio value in reactor A is 5.8%. While in reactor B it is 6.7%. For the highest phosphorus value in reactor A of 7.37%. While in reactor B it is 6.85%. For the highest potassium value in reactor A at 7%. While in reactor B it was 6.6%.

Keywords: Indonesian, Compost, Organic, Reactor, Garbage, German Caterpillar

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
PERNYATAAN iii
PRAKATA iv
ABSTRAK vii
ABSTRACT x
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR LAMPIRAN xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Sampah Masker Medis 4
2.2 Sampah Sayur 6
2.3 Ulat Jerman 7
2.4 Biodegradasi 9
2.5 Kompos 10
2.6 Penelitian Terdahulu 15
BAB III METODE PENELITIAN 18
3.1 Metode Penelitian 18
3.2 Alat dan Bahan 20
3.2.1 Tahapan Persiapan 22
3.3 Metode Analisis Data 24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Laju Penguraian 32

4.1.1 Konsumsi Umpan 34
4.1.2 Indeks Reduksi Limbah (Waste Reduction Index/WRI) 35
4.1.3 Berat Total Ulat 36
4.2 Hasil Data Analisis Parameter Kimia 37
4.2.1 Karbon 38
4.2.2 Nitrogen 40
4.2.3 Rasio C/N 42
4.2.4. Fosfor 43
4.2.5 Kalium 44
4.3 Perbandingan Hasil Penelitian Sebelumnya 46
4.3.1 Perbandingan WRI (Waste Reduction Index) 47
4.3.2 Perbandingan Karbon 48
4.3.3 Perbandingan Nitrogen 49
4.3.4 Perbandingan Rasio C/N 50
4.3.5 Perbandingan Fosfor 51
4.3.6 Perbandingan Kalium 52
4.4 Aplikasi Ulat Jerman Terhadap Limbah Organik dan Masker Medis di TPS3R 53
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 58
5.1 Simpulan 58
5.2 Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN 66
RIWAYAT HIDUP 74

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Nutrisi Ulat Jerman..... 8
Tabel 2. 2 Parameter Kompos Secara Fisik dan Kimia 14
Tabel 3. 1 Pemberian Jumlah Pakan 20
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan..... 20
Tabel 3. 3 Metode Analisis Efektivitas Ulat Jerman 24
Tabel 4. 1 Hasil Analisis dan Standar Deviasi Kandungan Karbon..... 39
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Standar Deviasi Kandungan Fosfor..... 43
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Rerata dan Standar Deviasi Kandungan Kalium 45
Tabel 4. 4 Jumlah Penggunaan Masker Medis dalam Sehari di Lingkup Rumah Tangga 53

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan Masker Medis (PP) 5
Gambar 2. 2 Fase Ulat Jerman 8
Gambar 3. 1 Reaktor Ulat Jerman 23
Gambar 3. 2 Penimbangan Limbah Sayuran 24
Gambar 3. 3 Cara Kerja Analisis Termometer 25
Gambar 3. 4 Cara Kerja Pengujian Karbon 26
Gambar 3. 5 Cara Kerja Pengujian Nitrogen 27
Gambar 3. 6 Cara Kerja Pengujian Fosfor 28
Gambar 3. 7 Cara Kerja Pengujian Kalium 28
Gambar 3. 8 Langkah Kerja Analisis Konsumsi Umpan 29
Gambar 3. 9 Cara Kerja WRI 30
Gambar 4. 1 Perbandingan Konsumsi Umpan Sayur, Suhu Ruangan, dan Berat Total Ulat Reaktor A 32
Gambar 4. 2 Perbandingan Konsumsi Umpan Campuran, Berat Total, dan Suhu Ruangan Reaktor B 33
Gambar 4. 3 Perbandingan Konsumsi Umpan pada Reaktor A (Sayur) dan B (Sayur dan Masker Medis) selama 30 hari 34
Gambar 4. 4 Perbandingan Waste Reduction Index Selama 30 Hari Secara Triplo Reaktor A (Sayur) Reaktor B (Sayuran dan Masker Medis) 35
Gambar 4. 5 Perbandingan Berat Total Ulat Selama 30 Hari dengan Pengujian Triplo Reaktor A (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) 37
Gambar 4. 6 Perbandingan Parameter Kimia Hasil Biodegradasi Reaktor A 38
Gambar 4. 7 Perbandingan Parameter Kimia Hasil Biodegradasi Reaktor B 38
Gambar 4. 8 Perbandingan Kandungan Karbon (%) dengan Reaktor A (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) 39
Gambar 4. 9 Perbandingan Kandungan Nitrogen (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) 41
Gambar 4. 10 Perbandingan Rasio C/N (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) 42
Gambar 4. 11 Perbandingan Kandungan Fosfor (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) 44
Gambar 4. 12 Perbandingan Kandungan Kalium (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) 45
Gambar 4. 13 Perbandingan WRI dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis) 47
Gambar 4. 14 Perbandingan Parameter Karbon dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan

Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis) 48
Gambar 4. 15 Perbandingan Parameter Nitrogen dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)..... 49
Gambar 4. 16 Perbandingan Rasio C/N dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis) 50
Gambar 4. 17 Perbandingan Parameter Fosfor dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis) 51
Gambar 4. 18 Perbandingan Parameter Kalium dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis) 52

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian..... 66
Lampiran 2. Tabel Data Penelitian 71

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Azwar (1990), sampah adalah sesuatu yang tidak dipergunakan lagi, yang tidak dapat dipakai lagi, yang tidak disenangi dan harus dibuang, maka sampah tentu saja harus dikelola dengan sebaik-baiknya, sedemikian rupa sehingga hal-hal yang negatif bagi kehidupan tidak sampai terjadi. Banyak masalah yang akan ditimbulkan dari sampah organik, salah satu masalah terbesar yang akan ditemani yakni perencanaan udara akibat bau menyengat dan tidak enak (Damanhuri,2011). Pada umumnya sampah organik akan mudah untuk didegredasi secara alami, akan tetapi memerlukan waktu yang cukup lama dan diperlukan bantuan mikroorganisme dalam prosesnya. Mirisnya di Indonesia sekitar 74% limbah yang ditemukan berasal dari jenis sampah domestic ini dan hamper semuanya dibuang ke TPA (Guerrero dkk, 2013).

Kondisi Indonesia saat ini sangatlah memprihatikan terutama dalam pengelolaan sampah. Dimana teknologi pengolahan sampah sangatlah berpengaruh besar pada saat ini baik untuk kenyamanan maupun untuk Kesehatan manusia. Dimana pada saat ini hal ini sangatlah diperlukan karena berdasarkan data terakhir dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat, Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 21,88 juta ton pada tahun 2021. Memang jumlah itu sudah menurun 33,33 % dibandingkan pada tahun sebelumnya yaitu sebanyak 32,82 juta ton pada tahun 2020.

Berdasarkan wilayahnya, Jawa Tengah menjadi provinsi dengan sampah terbesar di Indonesia pada tahun 2021, yakni 3,65 juta ton. Lalu, disusul oleh Jawa Timur dengan sampah sebanyak 2,64 juta ton. Pada peringkat ketiga yaitu DKI Jakarta dengan sebanyak 2,59 juta ton sampah. Dengan hasil data tersebut dapat kita simpulkan teknologi pengolahan sampah ini haruslah diterapkan di seluruh Indonesia agar sampah-sampah yang dihasilkan itu

dapat diolah kembali, salah satunya dengan menggunakan metode *composting* dengan ulat jerman *King Mealworm (Zophobas morio)* sebagai subjek yang nantinya akan dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Sesuai dengan penyajian dan latar belakang di atas, maka penulis merumuskan masalah dengan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses terjadinya laju penguraian pengolahan sampah sayur dan sampah masker medis oleh ulat jerman (*Zophobas morio*)?
2. Apakah kompos yang dihasilkan berdasarkan parameter karbon, nitrogen, fosfor, serta kalium telah memenuhi baku mutu yang telah diterapkan pada SNI 19-7030-2004 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil uji laju penguraian sampah sayur dan sampah masker medis oleh ulat jerman (*Zophobas morio*) ?
2. Menguji kualitas pada *frass* ulat yang dihasilkan dengan berdasarkan parameter karbon, nitrogen, fosfor, serta kalium dan melakukan perbandingan dengan SNI 19-7030-2004 terkait spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini, peneliti berharap dapat memberikan manfaat dengan sebagai berikut:

1. Mahasiswa mampu menerapkan ilmu yang sudah di dapat selama perkuliahan terkait pengolahan sampah sayur dan sampah masker medis dengan menggunakan makhluk hidup.
2. Dapat memberikan informasi teknologi dan solusi dalam pengolahan sampah sayur dan sampah masker medis untuk mengurangi timbulan sampah dalam cakupan rumah masyarakat

dengan sistem yang cukup sederhana serta memberikan nilai ekonomis.

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

1.5 Ruang Lingkup

Adapun penelitian pengolahan sampah masker medis dan sampah sayur dengan menggunakan ulat jerman adalah sebagai berikut: .

1. Penelitian pengolahan sampah dilakukan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
2. Objek dari penelitian pengolahan sampah tersebut ialah Ulat Jerman (*Zhopobas morio*) dan hasil penguraian sampah yang akan digunakan oleh Ulat Jerman berupa kompos padat.
3. Sumber sampah yang akan digunakan adalah sampah masker medis yang berasal dari pemakaian pribadi dan sampah sayuran yang berasal dari Pasar Pakem.
4. Variasi pemberian makan dilakukan selama 30 hari dan diberikan setiap 5 hari sekali.
5. Parameter yang akan diamati selama penelitian adalah:
    a) Laju penguraian hasil biodegradasi (indeks pengurangan sampah, konsumsi umpan, suhu, dan berat kotoran)
    b) Parameter kimia (Karbon, Nitrogen, Fosfor, Kalium, dan Rasio C/N)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

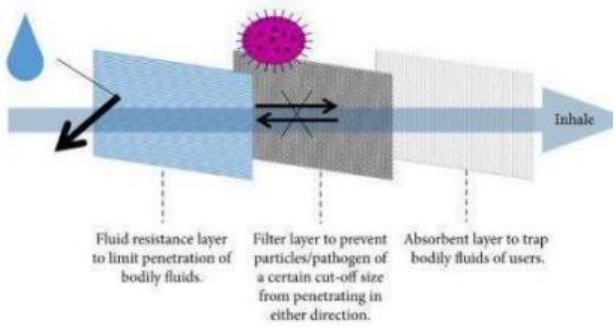
2.1 Sampah Masker Medis

Berdasarkan KBBI, masker merupakan jenis kain penutup hidung dan mulut yang digunakan oleh tenaga medis di rumah sakit. Definisi tersebut tertuju kepada *surgical mask* atau masker bedah yaitu masker yang digunakan oleh tenaga medis sewaktu melakukan aktivitas medis tertentu misalnya bedah dan persalinan (Rebmann dalam Firmansyah, 2008). Masker medis atau masker bedah utamanya dipakai untuk pasien dan tenaga medis. Masker ini mempunyai kemampuan memfilter udara lebih baik dibandingkan masker kain. Namun, masker medis tersebut hanya dapat digunakan sekali pakai. Jika telah terkena kotoran atau basah, maka diharuskan untuk disobek terlebih dahulu lalu dibuang agar tidak ada yang memakai kembali.

Penyebaran Covid-19 tidak hanya mengganggu sektor perekonomian dan kesehatan, namun juga mengganggu kebersihan lingkungan karena peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan oleh masyarakat di Indonesia. Penyebaran virus ini juga menambah masalah limbah, khususnya limbah medis (Praditya, 2021). Limbah medis dapat berupa *face shield* dan APD (Alat Pelindung Diri) termasuk limbah masker yang digunakan oleh tenaga medis maupun bukan tenaga medis atau masyarakat. Limbah yang terus dihasilkan terutama limbah masker menyebabkan penumpukan dimana berdampak mencemari dan merusak lingkungan. Perlu adanya pengetahuan dalam mengedukasi masyarakat yang berkaitan dengan kejahatan lingkungan dimana edukasi dan regulasi pengelolaan limbah masker perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

Masker medis umumnya terdiri dari 3 lapisan bahan polimer dan polipropilena yang *non-waven* seperti kain (bukan tenunan), yang berbeda dengan masing-masing lapisan dan memiliki fungsi tertentu. Lapisan terluar sifatnya waterproof dan menolak cairan droplet. Kain tersebut berasal dari serat polipropilena. Bagian tengah merupakan penyaring, yang menangkap

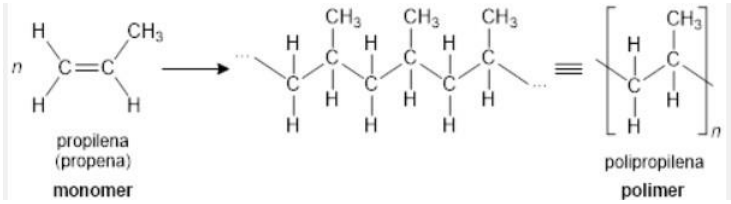
partikel atau sumber penyakit di atas ukuran tertentu menembus ke kedua arah yang terbuat dari kain hasil proses *meltblown*. Lapisan terdalam terbuat dari bahan penyerap untuk menjebak tetesan mukosa dari pengguna. Layer tersebut terbuat dari kain hasil proses spunbond. Lapisan tersebut juga menyerap lembab yang berasal dari hembusan nafas. Ketiga lapisan ini (Gambar 2.1) bersama-sama melindungi pemakainya dan orang-orang sekitar dengan membatasi penetrasi partikel dan patogen di kedua arah (Chua, 2020)



Gambar 2. 1 Lapisan Masker Medis (PP)
(Sumber: spj.sciencemag.org,2022)

Polipropilen merupakan komposisi utama masker medis sehingga untuk mendaur ulang limbah masker hampir sama dengan cara mendaur ulang sampah PP (Fitria, 2022). PP memiliki daya tahan yang baik terhadap bahan kimia, kuat, dan memiliki titik leleh yang tinggi sehingga cocok untuk produk yang berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum, tempat obat, dan botol minum untuk bayi, biasanya didaur ulang menjadi casing baterai, sapu, sikat, dan lainnya. Masker medis sepintas terlihat seperti terbuat dari bahan tekstil tetapi pada kenyataannya kandungan masker medis berbeda dengan kain. Masker medis merupakan polimer dan tersusun atas polipropilen di mana kandungan tersebut merupakan plastik yang sifatnya sulit untuk terdegradasi. Karena ketahanan tersebut, maka jenis plastik ini memiliki kelebihan untuk digunakan sebagai bahan baku atau material pembuatan produk plastik seperti mainan anak, perabot rumah tangga, box atau papan elektronik dan

lainnya. Alasannya adalah karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan material lainnya yaitu bahannya kuat ditarik ataupun dilendutkan/dilenturkan (flexible), tekstur mengkilat atau licin, anti rayap, anti air, anti karat, tahan terhadap bahan kimia, dan biaya produksi yang relatif murah (Sofiana, 2010) Polipropilena (PP) adalah polimer yang berbentuk dari monomer propena yang tersusun secara berulang, dengan rumus struktur (CH_2=CH-CH_3) (Barleany *et al*., 2011). Propilena (PP) terdiri dari unsur C dan H, oleh karena itu memiliki sifat non polar.



Gambar 2. 2 Bentuk Struktur Propilena
Sumber: https://smpl.co.id/semua-tentang-polypropylene/

2.2 Sampah Sayur

Limbah sayuran pasar merupakan bahan yang sudah tidak terpakai lagi (Apriadji, 1990). Menurut Hadiwiyoto (1983) mengelompokkan sampah atau limbah berdasarkan beberapa faktor, yaitu menurut bentuk dan sifatnya. Salah satu sampah atau limbah yang banyak terdapat disekitar kita adalah limbah pasar. Limbah pasar merupakan bahan-bahan hasil sampingan dari kegiatan manusia dari pasar dan banyak mengandung bahan organik.

Menurut Hadiwiyoto (1983) bahwa sampah pasar banyak mengandung bahan organik yang merupakan hasil sampingan dari pertanian seperti sayuran, buah-buahan, daun-daunan serta dari hasil perikanan dan peternakan. Limbah sayuran adalah bagian dari sayuran yang sudah tidak digunakan atau dibuang. Kelebihan limbah sayuran memiliki nilai ekonomis karena dapat menghasilkan berbagai produk yang berguna dan harganya yang murah, mudah didapat dan tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, selain itu juga dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan akibat sampah.

Sampah sayur - sayuran merupakan bahan buangan yang biasanya

dibuang secara *open dumping* tanpa pengolahan lebih lanjut sehingga akan menimbulkan gangguan lingkungan dan bau yang tidak sedap. Selain itu juga memiliki dampak pada kondisi kesehatan penduduk. Karena sampah tersebut berpotensi sebagai media penyebaran penyakit. Pengolahan limbah padat berupa sayur-sayuran ini perlu dilakukan, salah satu cara untuk mengolah limbah padat ini adalah dengan pembuatan pupuk kompos (Syaifudin dan Asngad., 2013).

2.3 Ulat Jerman

Nama "ulat jerman" sebenarnya muncul karena pada awalnya, jenis ulat ini diidentifikasi dengan nama Bahasa Belanda "*Jermyn*" yang merupakan ejaan Bahasa Belanda dari kata Inggris "*germ*" yang artinya kecoa. Kumbang dan larvanya ini yang kita kenal sebagai ulat jerman. Dimana ditemukan oleh naturalis Belanda di Amerika pada abad ke-19. Ulat jerman (*Zophobas morio*) sebenarnya berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan bukan dari Eropa atau Jerman. Mereka adalah tahap larva dari kumbang gelap *(Tenebrio molitor*) dan jenis ini telah menjadi umum sebagai pakan hidup untuk berbagai jenis hewan peliharaan. Ulat jerman ditemukan di daerah tropis dan subtropis di Amerika Tengah dan Amerika Selatan dan mereka telah menjadi pilihan yang populer sebagai pakan hidup karena kandungan nutrisi yang tinggi dan kemampuan mereka untuk bertahan hidup dalam berbagai kondisi lingkungan. Ulat jerman (*Zophobas morio*) saat ini sudah banyak dibudidayakan di Indonesia, karena permintaanya yang cukup banyak. Ulat jerman sering digunakan sebagai pakan burung kicau, reptil, dan ikan karena nilai gizinya yang tinggi terutama protein (46%) dan lemak (42%) (Finke, 2002). Selain sebagai pakan, ulat jerman juga bisa dijadikan sebagai bahan pembuatan minyak goreng dan makanan bagi manusia. Media nutrisi pada ulat jerman berkaitan dengan makanan alami dari hewan itu sendiri. Ulat jerman merupakan salah satu jenis serangga pemakan tumbuh-tumbuhan (*fitofagus*). Makanan alaminya adalah seluruh bagian tanaman mulai dari buah, bulir, daun, dan akar (Jumar, 2000). Makanan lainnya yang

biasa dimakan oleh serangga ini adalah sejenis tepung asal biji-bijian (Baker & Lochiavo, 1987). Media nutrisi yang sering dipakai oleh peternak ulat Jerman adalah yang berasal dari hasil samping industri pertanian yaitu dedak padi, pollard, dan onggok. Bahan-bahan tersebut, dipilih karena harganya yang cukup murah dan mudah didapatkan. Media nutrisi diberikan pada sebuah wadah pemeliharaan mulai dari fase kumbang (induk) sampai ulat jerman berumur panen. Selain itu, peternak juga menambahkan sayuran dan buah-buahan sebagai sumber air. Ulat jerman merupakan hewan yang tidak kuat hidup di suhu panas dan suhu terlalu dingin. Suhu pada kandang ulat jerman harus berkisar antara 27- 30℃. Berikut ini beberapa kandungan gizi pada ulat jerman :

Tabel 2. 1 Kandungan Nutrisi Ulat Jerman

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



Gambar 2. 3 Fase Ulat Jerman

Sumber: (Aziz Suplier)

Keterangan:

- Telur

  Betina mampu bertelur hingga 2.200 selama masa hidupnya. Jumlah telur tersebut berbanding terbalik dengan usia induk betina (Tshinkel, 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)

- Larva

  Larva Z. morio panjangnya mencapai 55 mm (Friederich & Volland, 2004). Larva berwarna kuning dengan bagian kepala dan ekor berwarna coklat tua (Fusov & 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. Umumnya, larva yang dipelihara secara terisolasi berubah menjadi pupa setelah 11-18 instar (Quennedey dkk., 1995)

- 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 25ºC. Durasi menjadi pupa dipengaruhi oleh berat pupa dan temperatur (Quennedey dkk., 1995)

- 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 menyukai tempat yang lembab, sejuk, dan gelap.

2.4 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan suatu proses penguraian satu senyawa kompleks menjadi suatu senyawa yang lebih sederhana seperti air dan

karbondioksida. Proses penguraian tersebut memanfaatkan aktivitas mikroorganisme sehingga terjadi perubahan integritas molekuler. Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga proses degradasi yang terjadi akan berbeda atau bervariasi antara satu mikroorganisme dengan mikroorganisme yang lain. (Fadlilah dan Maya Shovitri, 2014). Pada umumnya proses degradasi terjadi karena senyawa tersebut dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Kecepatan proses biodegradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor – faktor tersebut antara lain kelembaban, jenis mikroorganisme, temperatur, pH, jenis polimer, dan ketebalan polimer. Kondisi biodegradasi yang meliputi pH, temperatur, nutrisi, mineral, oksigen, dan kelembapan harus menyesuaikan dengan jenis mikroba yang akan digunakan sebagai biodegradator. Bahan-bahan polimer yang dilepaskan ke lingkungan akan mengalami penguraian secara fisika, kimia dan biologi atau kombinasinya yang tergantung oleh adanya kelembaban, udara, temperatur, cahaya (*photodegradation*), radiasi energi tinggi (*UV- γradiation*) atau oleh hadirnya mikroorganisme (bakteri atau jamur) (Sumarsono,2011).

Menurut Webb (2013), terdapat empat mekanisme biodegradasi plastik di lingkungan yaitu dengan fotodegradasi atau proses penguraian dengan memanfaatkan cahaya, biodegradasi termo oksidatif atau proses degradasi dengan memanfaatkan panas, degradasi hidrolitik dan biodegradasi oleh mikroorganisme. Mikroorganisme pendegradasi limbah plastik mengubah karbon dalam rantai polimer menjadi karbondioksida atau memasukkannya ke dalam biomolekul. Proses biodegradasi yang terjadi mengakibatkan limbah plastik menjadi rapuh dan pecah menjadi bagian yang lebih kecil, hingga rantai polimer pada limbah plastik memiliki berat molekul yang cukup rendah untuk dimetabolisme oleh mikroorganisme

2.5 Kompos

Kompos adalah hasil penguraian bahan organik melalui proses biologis dengan bantuan organisme pengurai. Proses penguraian dapat berlangsung

secara aerob (dengan udara) maupun anaerob (tanpa bantuan udara) (Epstein,1997). Fungsi utama kompos adalah membantu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Secara fisik kompos dapat menggemburkan tanah, karena aplikasi kompos pada tanah akan meningkatkan jumlah rongga dalam tanah. Keunggulan kompos adalah kandungan unsur hara makro maupun mikro yang lengkap. Unsur hara makro yang terkandung dalam kompos antara lain nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), belerang (S), sedangkan kandungan unsur mikronya antara lain klor (Cl), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), Seng (Zn). Boron (B) dan molybdenum (Mo) (Stofella and Kahn, 2001).

Saat ini kompos sangat baik dijadikan sebagai pupuk karena manfaat dan keunggulan pupuk kompos ini sangat baik untuk tumbuh-tumbuhan. Pupuk kompos ini sangat membantu pertumbuhan dari tumbuh-tumbuhan karena pupuk kompos ini berasal dari bahan alami yang diolah menjadi pupuk yang baik digunakan. Pupuk kompos yang baik digunakan adalah pupuk kompos yang mengandung unsur hara makro N, P, K yang seimbang karena jika kadar N, P, K dalam pupuk kompos tidak seimbang dapat menyebabkan dampak negatif bagi tumbuhan. Dampak negatif yang dapat disebabkan salah satunya, yaitu pada tumbuhan yang mengandung cukup unsur N untuk sekedar tumbuh saja akan menunjukkan gejala kekahatan. Gejala kekahatan yang ditunjukan yaitu klorosis biasa terutama pada daun tua. Pada kasus yang parah, daun menjadi kuning seluruhnya lalu agak kecoklatan saat mati. Gejala kekahatan merupakan suatu gejala yang terjadi pada suatu organ tumbuhan tertentu yang spesifik, sedangkan klorosis merupakan keadaan abnormal yang menunjukkan tumbuhan kekurangan klorofil. Apabila tumbuhan yang kahat unsur P akan menjadi kerdil dan berwarna hijau tua, berlawanan dengan tumbuhan yang kahat unsur N. Daun tua berwarna coklat gelap dan mati, sedangkan tumbuhan yang kahat unsur K akan pertama kali berdampak pada daun tua. Pada dikotil, mula-mula daun akan agak klorosis, kemudian menjadi bercak nekrosis berwarna gelap (bercak mati) yang segera meluas. Pada banyak monokotil, misalnya tanaman serealia, sel di ujung dan tepi daun

mula-mula mati dan nekrosis meluas ke bawah sepanjang tepi menuju bagian muda di dasar daun (Frank dan Cleon, 1995). Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik yang menyatakan bahwa standar kualitas kompos untuk kadar unsur N, P, K pada pupuk kompos adalah unsur hara N 0,40%, unsur hara P 0,10% dan unsur hara K 0,20%. Hasil kompos yang memiliki kualitas baik dapat dilihat dengan ciri-ciri berikut:

a. Memiliki warna coklat 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:

a. C/N – rasio

b. Berbau seperti tanah

c. Tekstur seperti tanah dan berwarna kehitaman

d. Suhu sesuai dengan suhu tanah

Berikut adalah perbandingan antara hasil kompos yang pada umumnya dengan hasil kompos ulat jerman:

1. Proses Penguraian Bahan Organik
   a) Kompos Biasa: Proses pengomposan pada kompos biasa umumnya melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan lainnya. Proses ini memerlukan waktu yang bervariasi tergantung pada suhu, kelembaban, dan bahan organik yang digunakan.
   b) Kompos dari Ulat Jerman: Ulat Jerman dikenal efisien dalam mendekomposisi bahan organik. Mereka memakan material organik,

mencerna, dan menghasilkan ekskresi dalam bentuk pupa atau frass yang kaya nutrisi.

2. Kecepatan Penguraian
    a) Kompos Biasa: Kecepatan penguraian bahan organik dalam kompos biasa dapat bervariasi dan tergantung pada faktor-faktor lingkungan.
    b) Kompos dari Ulat Jerman: Ulat Jerman cenderung menguraikan bahan organik dengan lebih cepat dibandingkan dengan proses pengomposan konvensional.
3. Kandungan Nutrisi
    a) Kompos Biasa: Kompos biasa cenderung memiliki kandungan nutrisi yang bervariasi tergantung pada bahan organik yang digunakan. Tingkat kekayaan nutrisinya mungkin tidak seefektif yang dihasilkan oleh ulat Jerman.
    b) Kompos dari Ulat Jerman: Kompos yang dihasilkan oleh ulat Jerman, seperti frass, umumnya memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, termasuk nitrogen, fosfor, dan kalium, membuatnya menjadi pupuk organik yang sangat berguna.
4. Produksi Limbah dan Lingkungan
    a) Kompos Biasa: Proses pengomposan tradisional mungkin menghasilkan beberapa gas rumah kaca dan memiliki jejak karbon yang signifikan tergantung pada metodenya.
    b) Kompos dari Ulat Jerman: Ulat Jerman dikenal sebagai dekomposer yang efisien, dan prosesnya cenderung lebih ramah lingkungan tanpa menghasilkan banyak emisi berbahaya.
5. Kemudahan Pengelolaan:
    a) Kompos Biasa: Proses pengomposan biasanya memerlukan perhatian dan manajemen yang baik terhadap faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan perbandingan bahan organik.
    b) Kompos dari Ulat Jerman: Ulat Jerman dapat mengurangi kerja keras dalam pengelolaan kompos, karena mereka secara alami melakukan proses dekomposisi

Jika dalam kompos terdapat plastik atau bahan-bahan yang sulit terurai kemungkinan besar proses *composting* tidak akan sepenuhnya menghilangkan plastik tersebut. Plastik tidak dapat terurai oleh mikroorganisme seperti mikroplastik dan keberadaanya dapat menjadi masalah jika sampah plastik tercampur dengan bahan organik dalam proses *composting.* Mikroplastik yang mungkin ada di dalam kompos dapat memiliki dampak lingkungan dan Kesehatan. Oleh karena itu, penting untuk meminimalkan masuknya plastik ke dalam proses kompos dan memastikan bahwa bahan-bahan yang digunakan sepenuhnya dapat diurai. Untuk mengurangi resiko mikroplastik dalam kompos, disarankan untuk:

a) Memisahkan sampah plastik dari bahan organik sebelum memulai proses *composting*

b) Menghindari membuang produk plastik ke dalam kompos terutama sampah plastik yang sulit terurai

c) Menggunakan bahan-bahan yang mudah terurai dan organik untuk memastikan kompos yang dihasilkan bebas dari kontaminan mikroplastik

Tabel 2. 2 Parameter Kompos Secara Fisik dan Kimia

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

No	Parameter		Satuan	Minimum	Maksimum
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
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

2.6 Penelitian Terdahulu

Jenis Ulat	Metode	Referensi
Ulat Jerman dan Ulat Hongkong	Sebagai alat pengujian sampah plastik dengan menggunakan ulat hongkong yaitu *Hight Density*	Ichsan Luqmana dan Nila Ma'rufah

	Polyethylene (HDPE) dan *Low-Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), dengan pemberian sampah plastik masing-masing 1 gram. Pengujian parameter yang akan di uji yaitu *Waste Reduction Indeks* (WRI), bobot larva, laju degradasi, dan pertambahan Panjang. Selain itu digunakan dedak sebanyak 1 gr sebagai kontrol, lalu milimeter block digunakan untuk melihat panjang larva. Pengujian ini dilakukan pada suhu 25°C – 30 °C.	(2022)
Ulat Jerman dan Ulat Hongkong	Pelatihan degradasi sampah plastik menggunakan ulat jerman dan ulat hongkong dilaksanakan dengan metode domenstrasi yaitu, memberikan contoh bagaimana cara membuat tempat sampah yang dikolaborasikan menggunakan ulat pendegradasi yaitu ulat hongkong dan ulat jerman	Haris Setiawan dkk (2021)
Ulat Jerman	Pemberian pakan oleh ulat jerman berupa hijauan dan konsentrat diberikan secara adlibitum. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkappola factorial dengan factor 1 yaitu GE = 4000, 4500, dan 55000 kkal/kg , dan factor 2 adalah Protein kasar (PK)= 10%, 12% dan 14% sehingga terdapat 9 perlakuan dan 3 ulangan.	Erik Priyo dkk (2017)
Ulat Jerman dan Ulat Hongkong	Sebanyak enam kelompok larva dimasukkan dalam percobaan, termasuk tiga kelompok ulat super yang diberi makan dedak, PE, atau PS, dan tiga kelompok yang diberi makan dedak, PE, atau PS ulat bambu. Kelompok makan dedak digunakan sebagai kontrol. Untuk setiap kelompok, dipilih secara acak 20 ulat super atau 100 ulat bambu diinkubasi dalam wadah (15×10×7 cm). Semua kelompok disimpan di bawah kondisi terkontrol 25 ± 1°C, kelembaban 60 ± 5%,dan lingkungan gelap selama 45 hari.Pada awal percobaan ditambahkan dedak sebanyak 5 g pada kelompok kontrol, dan tambahan 5 g dedak ditambahkan setiap 5 hari. Sepotong plastik busa PE atau PS (8×5×2 cm) ditambahkan pada setiap kelompok selama 45 hari. Berat plastik dan larva diukur setiap 5 hari.	Jiaming wang dkk (2022)
Ulat Hongkong, Ulat Ngengat Lilin dan Ulat Jerman	Ulat Hongkong, ulat ngengat lilin dan ulat jerman masing-masing dibuat menjadi 2 kelompok dengan masing-masing 200 larva. Masing-masing ulat diberi wadah plastik yang berukuran 14cm x 14 cm x 7cm. Ulat tersebut diberi Styrofoam sebanyak 3 gr sebagai pakan. Sebagai kontrol, ulat	Shan Jiang dkk (2021)

	ngengat lilin diberi pakan berupa beeswax sebanyak 3 gr. Sedangkan untuk ulat jerman dan hongkong diberi pakan *pollard* 3 gr sebagai kontrol. Pakan akan diberikan setiap 3 hari sekali dan pengujian yang dilakukan setiap 5 hari yang mana pada sampai hari ke-30.	

Berdasarkan Tabel 2.3 penelitian terdahulu diatas masih belum ada penelitian yang membahas terkait degradasi sampah sayur dan masker medis menggunakan ulat jerman dengan proses biodegradasi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji lebih lanjut proses biodegradasi sampah sayur dan masker medis sebagai umpan kontrol menggunakan ulat jerman (*Zophobas Morio*). Adapun parameter laju penguraian yaitu indeks pengurangan sampah, konsumsi umpan, suhu, dan berat kotoran. Sedangkan untuk menguji kualitas komposnya yaitu Karbon, Nitrogen, Fosfor, Kalium dan Rasio C/N. Penelitian ini nantinya akan menggunakan 200 ekor ulat jerman yang berumur 2 bulan yang diberi pakan masing masing reaktor 50 gr dan diberi pakan setiap 5 hari sekali.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif yang mana disini kami akan melakukan penelitian yang secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis kandungan kompos hasil pengolahan sampah buah dengan menggunakan ulat jerman sebagai subjek. Pelaksanaan penelitian nantinya akan dilaksanakan melalui tahapan persiapan alat dan bahan, menguji kandungan yang terdapat pada ulat jerman. Penelitian ini akan dilakukan di *Workshop* Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Februari – Maret 2023. Lalu, buat sumber pengambilan sampah nantinya akan diambil di pasar pakem yang mana jenis sampah dipilih yaitu sampah plastik (*Polypropylene*) dan limbah sayur.

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini kami menggunakan ulat jerman sebagai subjek untuk menguji laju penguraian sampah plastik pp dan limbah sayur. Ulat jerman yang dijadikan sebagai subjek yang kami gunakan berumur 2 bulan. Lalu, metode yang akan digunakan yaitu Eksperimental dimana akan langsung diaplikasikan pada ulat - ulat jerman gunanya untuk mengetahui parameter fisik dan kimia dari biokonversi dari hasil mendegradasi sampah plastik PP dan limbah sayur. Adapun analisis kualitas dari kompos yang dihasilkan akan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) dan Spektrofotometri (UV – VIS). Adapun variabel yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Variabel Bebas : Ulat Jerman
- Variabel Terikat : Parameter Kimia (Karbon, Nitrogen, Kalium dan Fosfor), nilai WRI (Waste Reduction Index) dan Suhu Ruangan
- Variabel Kontrol : Sampah Masker Medis dan Sampah Sayuran

Variabel bebas adalah variabel yang akan dilihat adanya pengaruh terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini, yang mencakup dalam variabel bebas ulat jerman ialah suhu lingkungan sekitar tempat penelitian dan juga paparan cahaya (misalnya, berapa lama ulat jerman terkena pancaran cahaya sehari). Variabel terikat adalah variabel hasil atau yang diamati untuk menentukan apakah ada perubahan akibat dari variabel bebas. Dalam penelitian ini, contoh variabel terikat yang dimaksud ialah kandungan nutrisi yang dihasilkan dari kotoran ulat jerman yang mana terdapat kandungan C, N, P, K yang nantinya akan di uji melalui parameter kimia untuk menentukan seberapa besar hasil yang terkandung dari kotoran ulat jerman. Variabel Kontrol adalah variabel yang berpengaruh terhadap variabel terikat melalui pengembangan penelitiannya. Dalam penelitian ini, contoh variabel kontrol yang dimaksud ialah jenis makanan yang diberikan pada ulat jerman yaitu sampah masker medis dan juga sampah sayur yang mana untuk mengontrol hasil dari kotoran ulat jerman.

Suhu dapat memiliki pengaruh signifikan terhadap proses reduksi sampah, terutama dalam konteks *composting.* Proses kompos adalah suatu metode penguraian bahan organik menjadi humus yang berguna untuk meningkatkan kesuburan tanah. Cara suhu mempengaruhi reduksi sampah melalui proses kompos melalui aktivitas mikroorganisme. Suhu mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses kompos. Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur dapat merespon perubahan suhu. Pada suhu yang tepat yang mana biasanya antara 50-65°C, mikroorganisme kompos akan bekerja lebih efisien dan mempercepat dekomposisi bahan organik. Ulat jerman yang digunakan sebanyak 200 ekor ulat jerman yang mana digunakan 2 reaktor sebagai tempat wadah dari ulat jerman serta sampah limbah sayur dan sampah plastik. Penelitian ini dilakukan selama 30 hari dan akan diamati setiap 5 harinya untuk melakukan pengujian laju penguraian dan hasil kompos maka, pemberian sampah plastik PP dan limbah sayur berupa setiap 5 hari.

Tabel 3. 1 Pemberian Jumlah Pakan

Reaktor	Gambar	Jenis Pakan	Jumlah	Satuan
A	 	Limbah Sayur	50	gr/5 hari
B	 	Limbah Masker Medis	10	gr/5 hari
		Limbah Sayur	40	gr/5 hari

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan alat dan bahan yang mana sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan

Alat	Satuan	Jumlah	Fungsi
Reaktor	bh	3	Wadah objek
Paranet	bh	3	Penutup wadah reaktor
Sarung Tangan Latex	bh	1	Pelindung tangan
pH meter	bh	1	Mengukur pH kompos
Oven	bh	1	Untuk memanaskan sampel

Alat	Satuan	Jumlah	Fungsi
Thermometer	bh		Mengukur temparatur ruangan dan reaktor
Timbangan Analitik	bh		Menganalisis perubhan berat sampah dan Ulat Jerman
Desikator	bh		Untuk menghilangkan kristal dan air
Buret	bh		Untuk meneteskan reagen cair
Erlenmeyer	bh		Sebagai wadah untuk proses destilasi
Gelas Ukur 100 ml	bh		Wadah sampel
Alat Destilasi	bh		Sebagai pemisah larutan
Alat Destruksi	bh		Sebagai proses perlakuan untuk melarutkan
Kuvet	bh		Mengukur konsentrasi
Mikropipet 100-1000 µL	bh		Pemindah sampel
Bulp	bh		Pemindah larutan
Labu takar 250 ml	bh		Mengencerkan larutan
Labu takar 100 ml	bh		Mengencerkan larutan
Pipet Volume 5 ml	bh		Pengambil sampel
Pipet Volume 10 ml	bh		Pengambil sampel
Spatula	bh		Pengambil sampel
Botol Semprot	bh		Wadah penyimpan aquades
Batang pengaduk	bh		Mengaduk larutan
Gelas Kimia 250ml	bh		Tempat untuk memanaskan dan melarutkan sampel
Gelas Kimia 300 ml	bh		Tempat untuk memanaskan dan melarutkan sampel
Pipet skala 1 ml	bh		Pemindah sampel
Pipet skala 5 ml	bh		Pemindah sampel
Rak tabung	bh		Tempat penyimpanan sampel
Botol semprot	bh		Wadah penyimpanan aquades
Miktopipet 1-10 µL	bh		Pemindah sampel
Bahan	**Satuan**	**Jumlah**	**Fungsi**

Alat	Satuan	Jumlah	Fungsi
Ulat Jerman	gram	200	Media pendegradasi sampah
Sampah Buah	gram		Media sampah
Sampah styrofoam	gram		Media sampah
Larutan dikromat 1N	ml		Bahan dalam pengujian karbon
Campuran Selen	ml		Bahan dalam pengujian nitrogen
Asam Sulfat Pekat	ml		Bahan dalam pengujian nitrogen, karbon
NaOH 40%	ml		Bahan dalam pengujian nitrogen
Asam borak 4%	ml		Bahan dalam pengujian nitrogen
Larutan fosfat	ml		Bahan dalam pengujian Fosfor
Larutan HNO3	ml		Bahan dalam pengujian Kalium
Indikator BCG	ml		Bahan dalam pengujian nitrogen
Amonia molibdat	ml		Bahan dalam pengujian Fosfor
Aquades	Liter		Sterilisasi Alat
Larutan HClO4	ml		Bahan dalam pengujian Kalium
Timah klorida 0,25%	ml		Bahan dalam pengujian Fosfor
Asam Sulfat 0,1 N	ml		Bahan dalam pengujian nitrogen

3.2.1 Tahapan Persiapan

Pada tahap ini dilakukan dengan menghitung ulat sebanyak 200 ekor untuk masing - masing reaktor. Kemudian akan dilakukan pembuatan reaktor dan persiapan bahan pakan ulat jerman. Proses pembuatan reaktor dan persiapan bahan adalah sebagai berikut:

1) Pembuatan Reaktor

Reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan box yang berbahan plastik dengan spesifikasi 47 cm x 34 cm x 15 cm. Reaktor ini nantinya akan ditutup dengan menggunakan paranet

yang mana berguna untuk mencegah masuknya hama yang dapat mengganggu penelitian ini. Paranet tersebut akan dijepit menggunakan *binder clips* pada setiap reaktor agar tidak mudah terbuka.



Gambar 3. 1 Reaktor Ulat Jerman

2) Persiapan Bahan

Penelitian ini nantinya akan menggunakan bahan berupa sampah plastik pp dan limbah sayur. Sampah tersebut akan diambil ke pasar pakem, sleman. Alat yang kami gunakan nanti untuk penelitian ini akan sesuai dengan tercantum pada SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Sampah yang nanti akan digunakan akan dipotong menjadi beberapa bagian menggunakan tangan. Lalu, setiap 5 hari sekali ulat jerman akan diberikan pakan, namun yang diganti hanya pakannya saja untuk ulat jermannya masih menggunakan ulat yang sama ketika memulai penelitian tersebut. Hal ini dilakukan untuk dapat melihat apakah cepat atau lambat dalam proses penguraian sampah tersebut.



Gambar 3. 2 Penimbangan Limbah Sayuran

3.3 Metode Analisis Data

Menganalisis seberapa efektivitas ulat jerman dalam mengurai limbah sayur dan masker medis dilakukan untuk mengetahui laju penguraian limbah oleh ulat jerman itu sendiri. Semakin cepat ulat jerman menguraikan sampah dalam beberapa hari menandakan semakin efisiennya ulat jerman dalam mengkonsumsi sampah limbah sayur dan limbah masker medis. Limbah yang digunakan ini juga merupakan media hidup bagi ulat jerman.

Tabel 3. 3 Metode Analisis Efektivitas Ulat Jerman

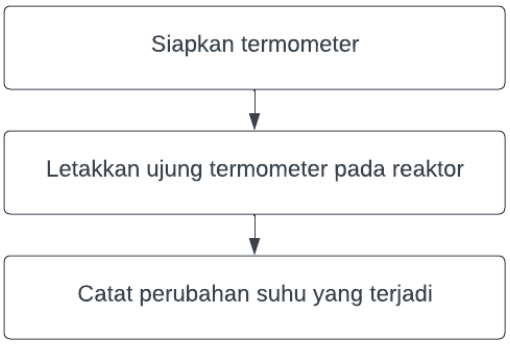
No	Parameter	Metode Analisis	Periode Pengukuran
1	Temperatur	Termometer	Setiap hari
2	Karbon	Spektrofotometer UV-Vis	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
3	Nitrogen	Metode Kjehdal	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
4	Fosfor	Spektrofotometer UV-Vis	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
5	Kalium	AAS *(Atomic Absorption Spectroscopy*)	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30

No	Parameter	Metode Analisis	Periode Pengukuran
6	Rasio C/N	C/N	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
7	Konsumsi Umpan	Timbangan Analitik	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30
8	Nilai indeks reduksi (*Waste Reduction Index*).	Timbangan Analitik	Hari ke-5,10,15,20, 25 dan 30

❖ **Temperatur**

Pertumbuhan ulat jerman ini sangat dipengaruhi oleh temperatur. Ulat jerman ini tidak dapat hidup pada suhu yang terlalu dingin ataupun terlalu panas jadi, ulat jerman akan bertahan di suhu yang standar yang mana tidak terlalu panas ataupun terlalu dingin yang idealnya antara 27ºC – 30ºC. Dengan suhu tersebut maka, ulat jerman akan dapat bertahan hidup sehingga limbah sayur dan masker medis dapat terurai dengan baik dan cepat. Temperatur yang diukur merupakan temperatur ruangan dan kompos. Proses analisis yang dilakukan nanti adalah sebagai berikut:

1. Termometer
2. Cara Kerja

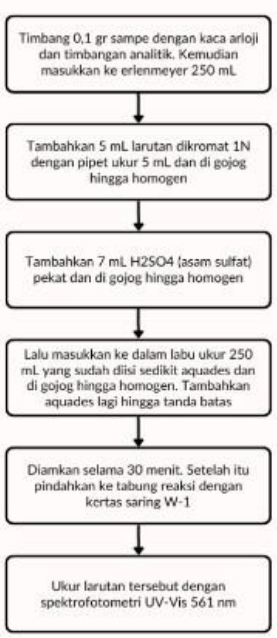


Gambar 3. 3 Cara Kerja Analisis Termometer

❖ Karbon

Pada pengujian karbon ini dilakukan untuk mengetahui kandungan karbon (C) di dalamkompos yang dihasilkan dari ulat jerman tersebut. Pengujian ini nantinya akan menggunakan metode Spektrofotometri UV-VIS dengan mengacu pada ISBN. Rumus perhitungannya adalah:

Kadar C% = ppm kurva x 100/mg sampel x 100ml/1000ml x fk

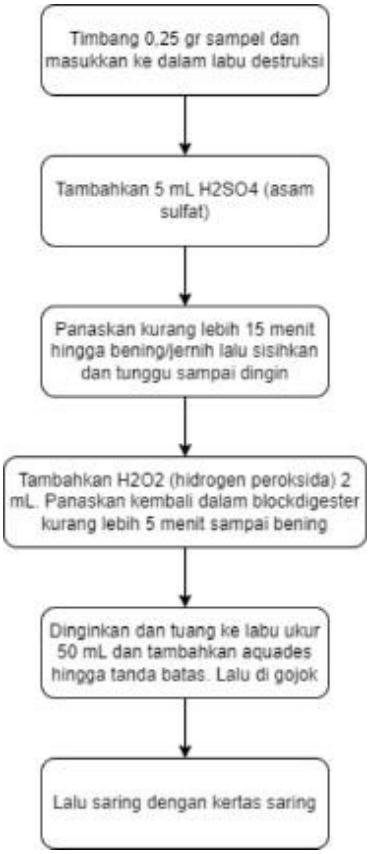


Gambar 3. 4 Cara Kerja Pengujian Karbon

❖ Nitrogen

Pada pengujian kadar nitrogen ini dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl dan titrasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan nitrogen yang ada di dalam kompos dengan mengacu pada ISBN Rumus perhitungannya adalah:

Kadar N% = (t-b) x 0,01401 x 100/W x N



Gambar 3. 5 Cara Kerja Pengujian Nitrogen

❖ Fosfor

Pada pengujian fosfor ini dilakukan untuk mengetahui kadar fosfat yang ada di dalam kompos nanti. Pengujian fosfor nantinya akan menggunakan metode Spektrofotometri UV-VIS dengan mengacu pada ISBN, rumus perhitungannya adalah:

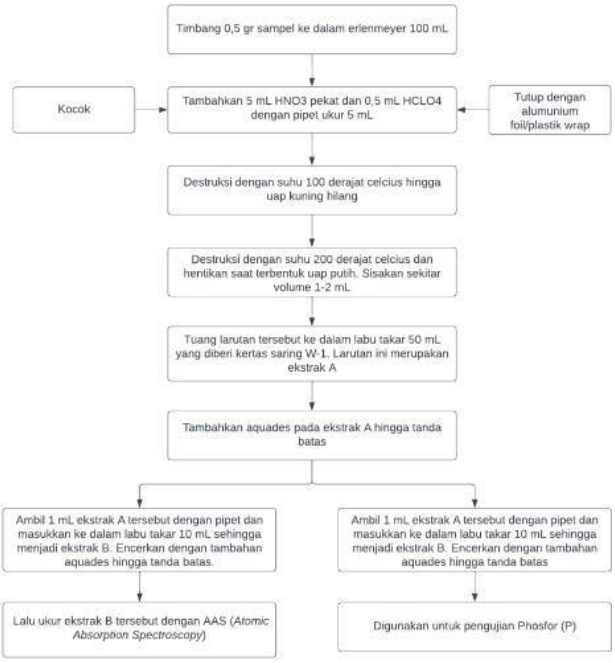
$$\text{Kadar P\%} = \frac{\text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1000\text{ml} \times 1000\text{g/g}}{\text{contoh} \times \text{fn} \times 31/95 \times \text{fk}}$$



Gambar 3. 6 Cara Kerja Pengujian Fosfor

❖ Kalium

Pada pengujian kalium ini dilakukan untuk mengetahui kandungan kalium yang ada pada kompos. Pengujian ini nantinya akan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan percobaan ini juga mengacu pada ISBN.



Gambar 3. 7 Cara Kerja Pengujian Kalium

❖ Rasio C/N

Pada pengujian ini yang dilakukan adalah untuk mengetahui rasio atau perbandingan dari C – Organik dengan Nitrogen. Pengujian ini nantinya akan menggunakan metode Spektrofotometri UV-VIS dan metode Kjeldahl yang mana mengacu pada ISBN.

❖ 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. 8 Langkah Kerja Analisis Konsumsi Umpan

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

❖ Nilai indeks reduksi (*Waste Reduction Index*).

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, Lupi, Moore, & Leonardi, 2020) perhitungan WRI adalah sebagai berikut:

$$\text{WRI} = \frac{(w - \frac{R}{W})}{t} \times 100$$

Keterangan:

WRI	= Indeks Reduksi Limbah
W	= Jumlah Limbah Total (mg)
R	= Sisa Limbah dalam Waktu Tertentu (mg)
t	= Total Waktu Reduksi (hari)



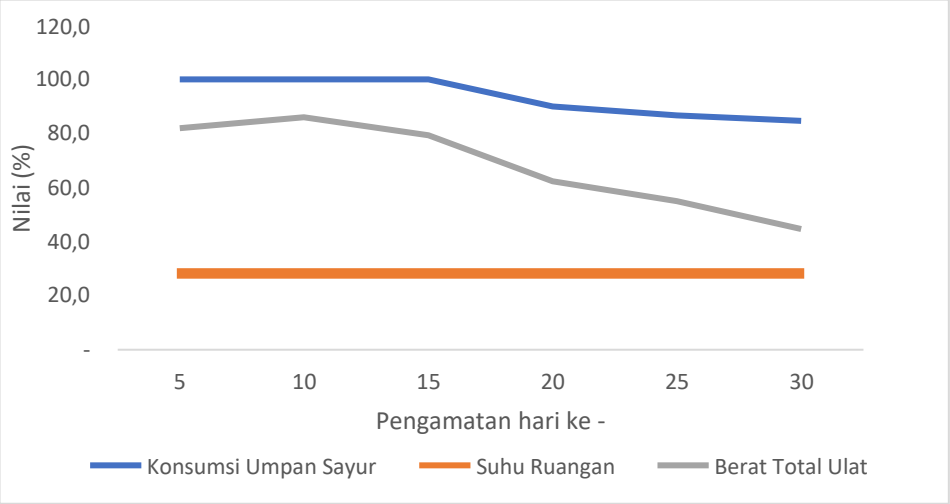
Gambar 3. 9 Cara Kerja WRI

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

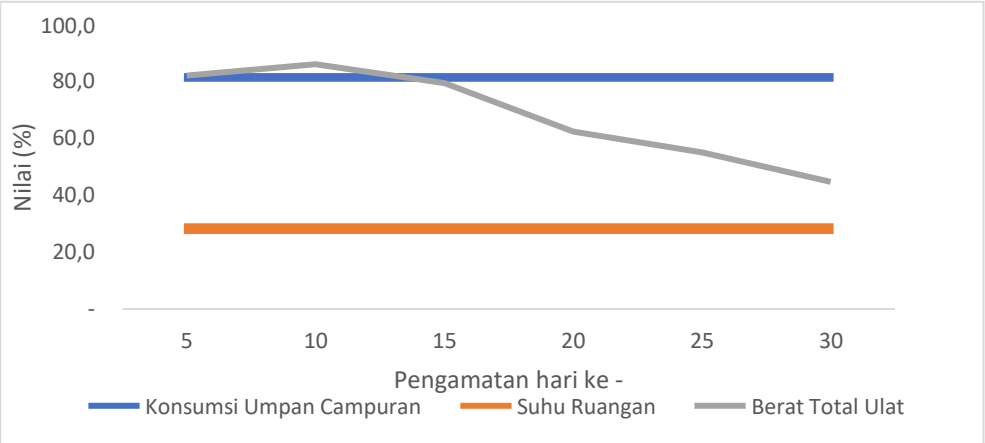
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Laju Penguraian

Analisis laju penguraian merupakan salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah ulat jerman ini dapat mendegradasi dengan baik sampah sayuran dan sampah masker medis. Hal ini juga dipengaruhi dengan beberapa faktor utama yaitu suhu ruang, indeks pengurangan limbah, kotoran ulat yang dihasilkan, dan konsumsi umpan yang diberikan berupa sayur dan campuran antara (sayur dengan masker medis). Berdasarkan analisis yang didapat maka diperoleh data sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Perbandingan Konsumsi Umpan Sayur, Suhu Ruangan, dan Berat Total Ulat Reaktor A



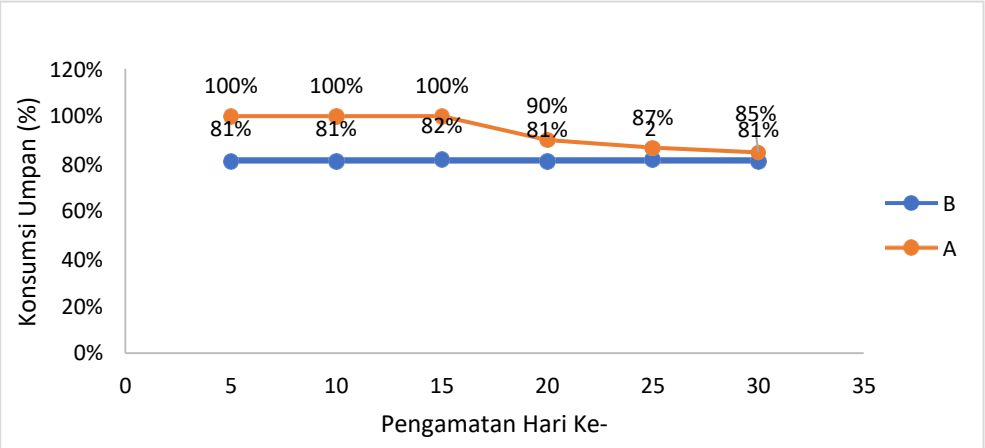
Gambar 4. 2 Perbandingan Konsumsi Umpan Campuran, Berat Total, dan Suhu Ruangan Reaktor B

Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 di atas menunjukan hasil dari kedua Reaktor A dan Reaktor B selama 30 hari. Selama proses penelitian ini suhu ruangan tersebut berkisar sekitar 27,39 – 29,05 ºC. Sedangkan pada penelitian sebelumnya menurut (Rahman dkk., 2018), Produktivitas ulat jerman sensitif terhadap temperatur lingkungan di sekitarnya. Temperatur ruangan ideal bagi ulat jerman berkisar antara 27 – 30 ºC. Suhu ruangan ini rutin dilakukan selama proses penelitian yang mana dilakukan setiap pagi pukul 09:00 WIB. Namun tidak dapat dipungkiri perkiraan cuaca dari pagi – malam tentunya berubah yang mana dapat menyebabkan kematian pada ulat jerman tersebut. Dapat diketahui bahwasannya peningkatan suhu pada setiap minggunya akan berbanding terbalik dengan parameter konsumsi umpan.

Menurut (Putra, 2022) umpan yang dikonsumsi akan mengakibatkan pada pertumbuhan dan perkembangan pada ulat yang mana dengan menambahnya berat ulat. Peningkatan pada berat ulat tentunya dipengaruhi pada nutrisi yang terkandung pada pakan yang diberikan. Pada Reaktor A dan Reaktor B didapatkan tidak jauh berbeda dengan hasil yang didapat dimana total rata-rata Reaktor A berkisar 44,7 – 82 gram. Sedangkan, pada Reaktor B 41,7 – 78 gram pada setiap reaktornya.

4.1.1 Konsumsi Umpan

Analisis konsumsi umpan ini dilakukan selama 30 hari dan setiap 5 hari sekali dilakukan pengambilan data yang mana sebagai berikut :



Gambar 4. 3 Perbandingan Konsumsi Umpan pada Reaktor A (Sayur) dan B (Sayur dan Masker Medis) selama 30 hari

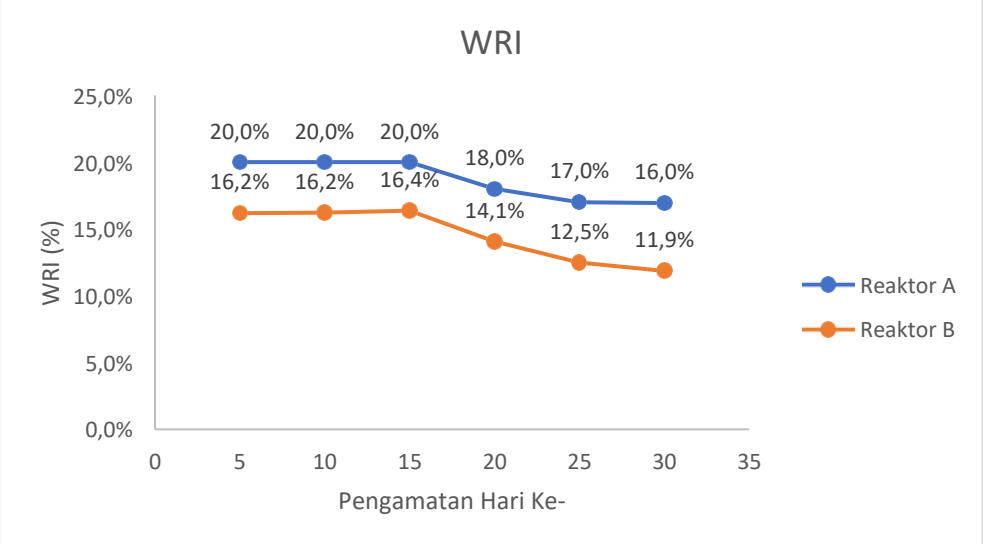
Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa umpan yang diberikan berupa sayur pada reaktor A pada hari ke-5 sampai ke-15 mencapai 100% namun, pada hari ke-20 sampai hari ke-30 mengalami penurunan. Pada dasarnya memang ulat hongkong ini adalah serangga pemakan tumbuh-tumbuhan (*fitofagus*) dimana makanan alaminya berupa seluruh tanaman mulai dari buah-buahan, bulir, daun, dan akar (Jumar,2000). Menurut (Fadhli Rohman Cs, 2022) media nutrisi yang paling sering digunakan ketika menjadi peternak ulat jerman adalah yang berasal dari dedak padi, pollard, dan onggok. Selain itu, peternak juga memberikan umpan berupa sayuran dan buah-buahan sebagai sumber air. Selain itu pada grafik reaktor B sampah masker medis yang dapat didegradasi hanya sekitar 81% - 82% saja. Bagian lapisan masker yang dapat terdegradasi oleh ulat jerman adalah di semua lapisan tetapi, pada lapisan tengah lah yang paling banyak terdegradasi. Pada lapisan tengah masker memang mempunyai struktur yang lebih halus dan tipis dibandingkan lapisan lainnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sayuran memang termasuk sebagai bahan pokok pangan yang dikonsumsi oleh ulat jerman.

Penurunan tingkat konsumsi disebabkan oleh beberapa faktor yaitu umur ulat, suhu, dan kelembaban yang mempengaruhi konsumsi umpan.

Umur ulat hongkong yang mempunyai tingkat paling tinggi dalam mengkonsumsi umpan yaitu ulat yang masih berusia muda sedangkan ulat yang berusia tua yang mana sudah mendekati 5 bulan cenderung tingkat konsumsinya sudah mulai berkurang dikarenakan di umur segitu sudah mulai memasuki fase pupa. Selain itu, dapat terjadi juga adanya kompetisi untuk mendapatkan makanan yang akan mengakibatkan stress yang tinggi juga pada larva serangga, salah satunya larva dari Famili Tenebrionidae (Morales & Rojas, 2015). Siklus hidup ulat jerman mirip dengan ulat hongkong dengan metamorfosis sempurna yang ketika dewasa akan berubah menjadi serangga/kumbang. Beberapa fase yang dialami oleh ulat hongkong yaitu fase dalam telur, kemudian setelah menetas masuk kedalam fase larva atau dalam bentuk ulat hingga siap masuk ke fase kepompong, dan fase terakhir yaitu menjadi serangga atau kumbang (Putra & Ma'rufah, 2022). Sedangkan untuk umur ulat jerman itu sendiri bertahan hingga 6 bulan.

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

Untuk mereduksi umpan dalam kemampuan pada ulat dapat dilihat dari nilai WRI-nya (Hakim dkk,2017). Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang telah dilakukan didapatkan hasil *Waste Reduction Index* sebagai berikut:

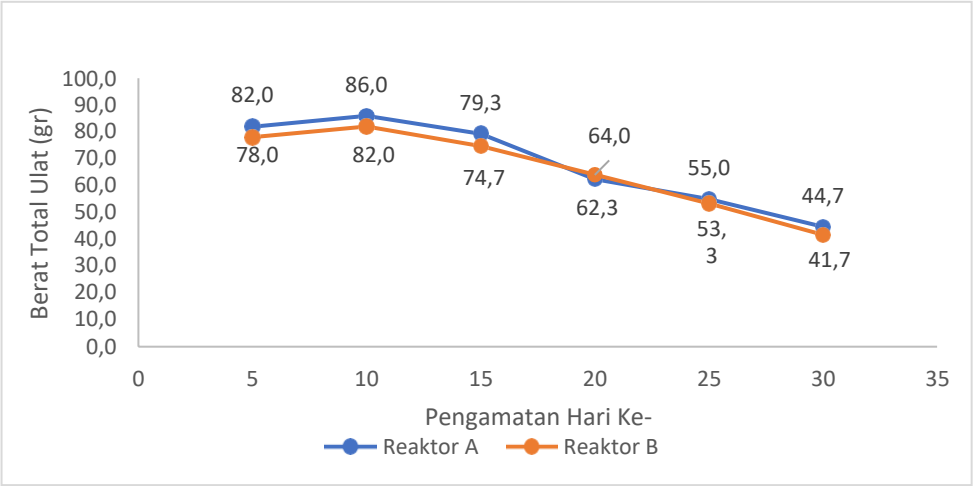


Gambar 4. 4 Perbandingan Waste Reduction Index Selama 30 Hari Secara Triplo Reaktor A (Sayur) Reaktor B (Sayuran dan Masker Medis)

Dari gambar 4.4 dapat diketahui bahwa nilai WRI yang tertinggi yaitu 20% pada Reaktor A di hari ke-5 – 15 yang diberi pakan sampah sayur. Sedangkan pada Reaktor B nilai yang tertinggi yaitu 16,4% pada hari ke-15. Nilai WRI yang tinggi menandakan bahwa kemampuan ulat dalam mereduksi limbah sangat baik. Nilai WRI reaktor A lebih tinggi dibandingkan reaktor B karena pada reaktor A diberikan pakan berupa limbah sayuran yang mana akan lebih mudah direduksi oleh ulat. Menurut (Erik Priyo dkk, 2017) limbah sayuran ataupun hijauan lainnya adalah sebagai pelengkap nutrisi bagi media pakan karena dapat mengenyangkan, sebagai sumber air, dan bila digunakan secara tepat juga memberikan kontribusi terhadap kebutuhan nutrisi ulat jerman. Sedangkan sampah masker memiliki reduksi yang sangat sulit dikarenakan sampah masker medis yang berjenis PP yang memiliki 3 lapisan. Monomer propilena diperoleh dari hasil samping pemurnian minyak bumi. Polipropilena merupakan suatu jenis polimer termoplastik yang mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan (Billmeyer,1971). Jika dilihat kembali pada grafik diatas, bahwa nilai WRI masing masing reaktor mengalami penurunan yang mana dipengaruhi oleh jumlah pakan yang dikonsumsi. Pernyataan tersebut sesuai dengan nilai WRI berbanding lurus dengan nilai reduksi (laju degradasi), jika nilai reduksi tinggi maka nilai WRI juga akan tinggi (Diener,2010).

4.1.3 Berat Total Ulat

Pada penelitian ini, ulat yang digunakan adalah ulat jerman yang mana masing-masing reaktor diberi sebanyak 200 ekor dengan berat total awal reaktor A 82 gr/ekor dan reaktor B 78 gr/ekor. Hasil analisis berat total ulat yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:



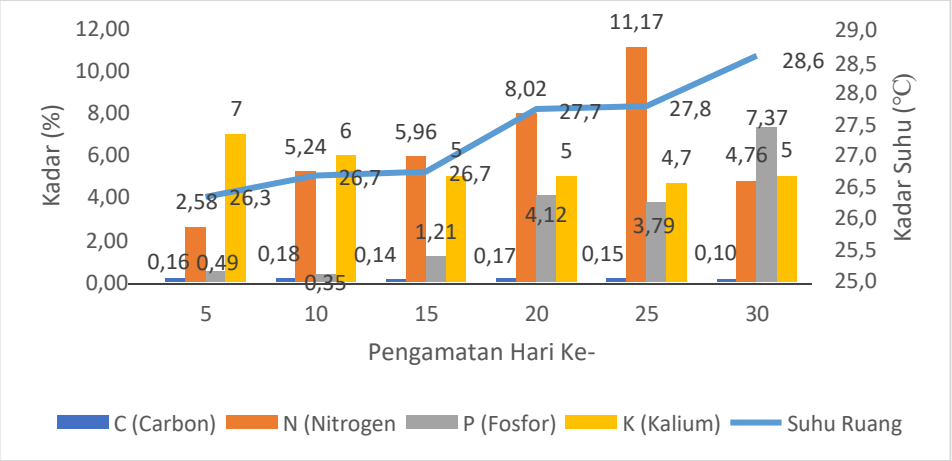
Gambar 4. 5 Perbandingan Berat Total Ulat Selama 30 Hari dengan Pengujian Triplo Reaktor A (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis)

Berat ulat pada kedua reaktor tersebut mempunyai berat yang berbeda. Walaupun jumlah umur ulat terbilang 2 bulan, hal ini dapat terjadi tentunya pertumbuhan masing masing ulat sangatlah berbeda. Pada grafik diatas dapat diketahui berat total ulat pada awalnya mengalami kenaikan pada hari ke-10 dengan berat tertinggi pada reaktor A 86 gr/ekor. Sedangkan pada reaktor B 82 g/ekor. Namun, pada hari selanjutnya terjadinya penurunan oleh berat ulat tersebut. Hal ini disebabkan karena adanya faktor luar yaitu tingginya temperatur ruangan. Selain itu menurut (Hapsari dkk, 2018) ketika pemberian pakan terjadinya kompetisi antar ulat sehingga ulat tersebut mengalami stress sehingga mengurangi konsumsi pakan, bahkan sampai mengalami kegagalan dalam proses molting (pergantian kulit). Lalu dengan adanya kompetisi yang terjadi ini juga menyebabkan ulat melakukan kanibalisme, sehingga banyak yang mengalami kematian (Yang dkk, 2020).

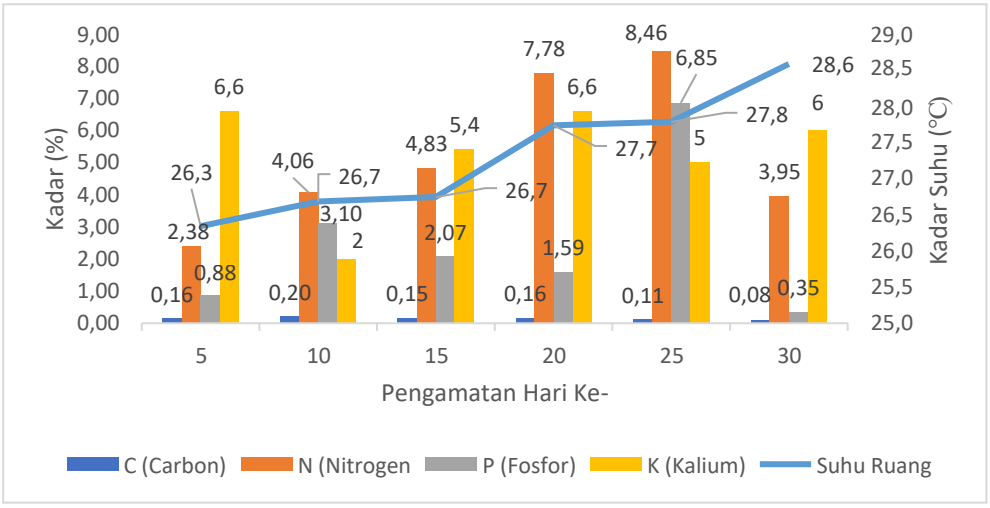
4.2 Hasil Data Analisis Parameter Kimia

Hasil analisis biodegradasi limbah masker medis dan limbah sayuran terhadap ulat jerman yaitu kotoran/*frass*. Frass dari ulat jerman ini nantinya akan diuji untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan dari frass ulat jerman yang mengacu pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari

Sampah Organik Domestik yang meliputi karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Berikut hasil grafik analisis pengujian parameter kimia:



Gambar 4. 6 Perbandingan Parameter Kimia Hasil Biodegradasi Reaktor A



Gambar 4. 7 Perbandingan Parameter Kimia Hasil Biodegradasi Reaktor B

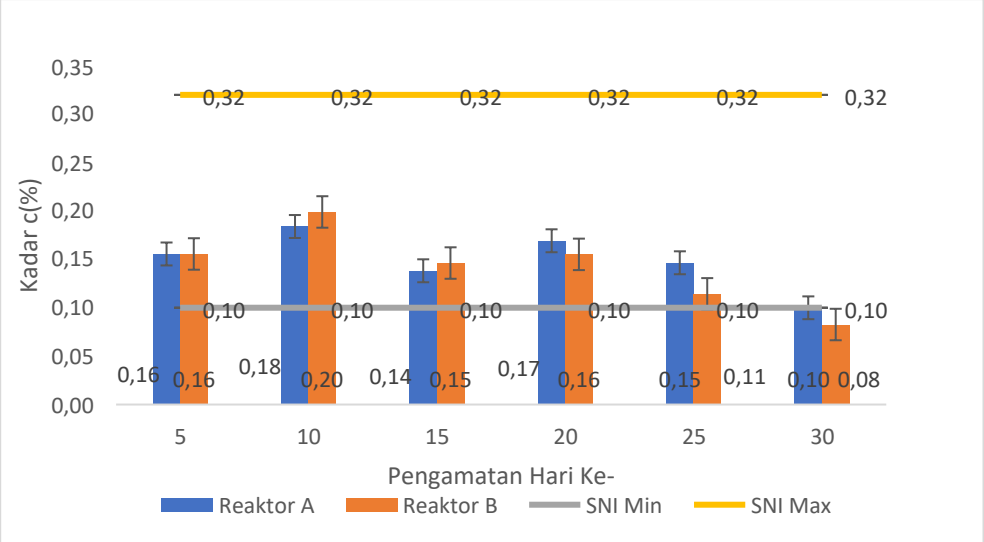
4.2.1 Karbon

Kandungan karbon yang terkandung dalam frass ulat jerman adalah salah satu standar mutu pupuk organik jika ingin menguji kualitas kompos dalam frass ulat yang mana mengacu pada SNI 19-7030-2004. Karbon menjadi salah satu kandungan pupuk kompos yang dibutuhkan tanah untuk tetap subur. Jika tanah subur, maka tanaman akan tumbuh subur juga. Kandungan karbon berkisar 9,8% - 32%. Karbon juga merupakan sumber

bahan makanan mikroorganisme tanah, sehingga keberadaan unsur C dalam tanah akan memicu kegiatan mikroorganisme dan meningkatkan proses dekomposisi tanah dan juga reaksi yang terjadi dengan memerlukan bantuan mikroorganisme (Utami et al., 2004). Mikroorganisme dalam Kompos membutuhkan karbon untuk proses produksi protein (Azwar, 2018). Berikut hasil analisis kandungan karbon dalam frass ulat jerman:

Tabel 4. 1 Hasil Analisis dan Standar Deviasi Kandungan Karbon

Reaktor	Pengamatan Hari Ke-					
	5	10	15	20	25	30
Reaktor A	0,16	0,18	0,14	0,17	0,15	0,10
Standar Deviasi A	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,06
Reaktor B	0,16	0,20	0,15	0,16	0,11	0,08
Standar Deviasi B	0,02	0,004	0,002	0,01	0,02	0,03



Gambar 4. 8 Perbandingan Kandungan Karbon (%) dengan Reaktor A (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis)

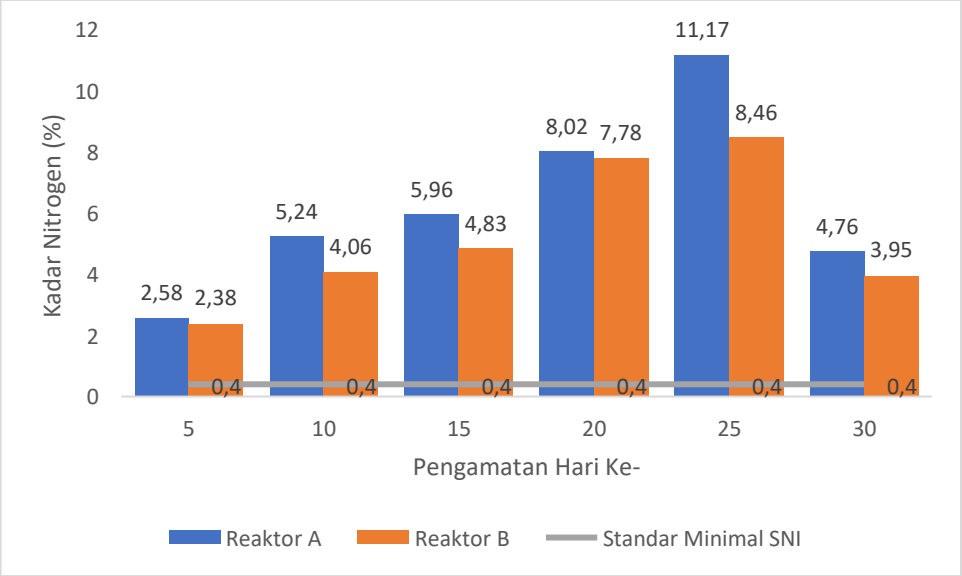
Berdasarkan gambar diatas kandungan karbon yang terdapat pada frass ulat jerman sudah masuk kedalam standar SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Kandungan karbon yang tertinggi terdapat pada hari ke-10 pada reaktor B dengan nilai 0,20%. Sedangkan untuk reaktor A nilai karbon yang tertinggi pada hari ke-10 dengan nilai 0,18%. Dalam masa penelitian selama 30 hari, nilai karbon

mengalami kenaikan dan penurunan. Menurut (Begum et al., 2013) Kemampuan bakteri selulolitik yang tumbuh pada media spesifik CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) agar, menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu memanfaatkan selulosa sebagai salah satu sumber *nutrient* terutama sebagai sumber karbon.

Lalu juga, mikroorganisme menggunakan karbon sebagai sumber tenaga dengan cara membebaskan yang membuat kandungan karbon semakin lama berkurang. Mikroorganisme yang ada, menggunakan karbon untuk berkembang biak. Kemudian pada minggu ke-5 sampai ke 10 pada reaktor B karbon yang terkandung mengalami kenaikan dengan range 0,16% - 0,20%. Hal ini menunjukkan terjadinya kenaikan kadar karbon yang terkandung dalam kompos. Menurut (Lu et al., 2009) penyebab terjadinya naik turunnya kadar karbon terdapat korelasi antara kadar karbon dengan kadar air, dimana rendahnya kadar karbon yang ada di kompos maka kadar air akan meningkat.

4.2.2 Nitrogen

Kandungan nitrogen dalam kompos sangat penting, karena berperan dalam memberikan nutrisi bagi tanaman ketika kompos diterapkan ke tanah. Nitrogen adalah salah satu unsur esensial bagi tanaman. Tanaman memerlukan nitrogen untuk pertumbuhan dan perkembangan yang lebih optimal. Dalam pengujian nitrogen pada penelitian ini menggunakan metode kjeldahl. Metode kjeldahl merupakan metode sederhana yang dapat menetapkan kadar protein, nitrogen total pada asam amino, dan senyawa lainnya yang mengandung nitrogen. Berikut hasil analisis pada nilai nitrogen pada pengujian kompos:



Gambar 4. 9 Perbandingan Kandungan Nitrogen (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis)

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai kadar nitrogen berada di atas standar minimal nitrogen kompos yang mengacu pada SNI 19-7030-2004 yaitu sebesar 0,4%. Kadar nilai nitrogen yang tertinggi terdapat pada sampel hari ke-25 untuk reaktor A dengan nilai sebesar 11,17%. Sedangkan pada reaktor B yang tertinggi pada hari ke-25 dengan nilai sebesar 8,46%. Nitrogen merupakan salah satu sumber energi utama yang sangat dibutuhkan mikroba yang mana bekerja untuk merombak bahan organik. Nitrogen yang cukup tersedia akan menyebabkan pupuk kompos mempunyai kualitas yang baik sebagai media tanaman.

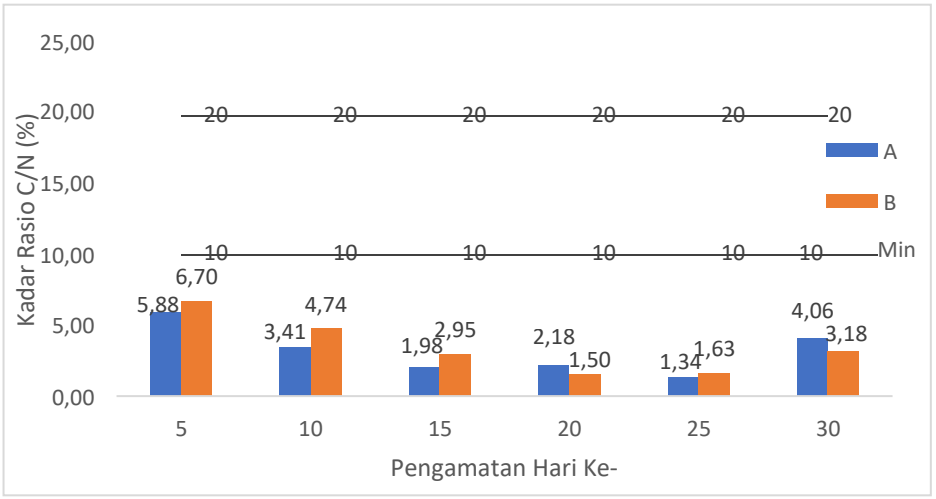
Menurut (Yusmayani, 2019) kandungan nitrogen pada kompos memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur dan mikrobiologi dalam tanah. Berdasarkan hasil grafik diatas menentukan bahwasannya kadar nitrogen dari frass ulat jerman sudah memenuhi dari standar SNI 19-7030-2004 dengan kadar minimal sebesar 0,4% dan sangat baik jika digunakan pada kompos.

Hal ini sesuai dengan berdasarkan penelitian Sriharti (2008) menyatakan bahwa semakin banyak kandungan nitrogen, maka akan semakin cepat bahan organik terurai, karena mikroba membutuhkan nitrogen untuk

perkembangannya. Nilai nitrogen dalam kompos dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu jenis umpan yang digunakan. Jenis umpan cukup mempengaruhi nilai N yang terkandung dalam hasil degradasi/ kompos. Umpan yang mengandung N tinggi apabila diberikan ke ulat sebagai agen biologi, maka hasil degradasinya akan mengandung N yang tinggi juga. Selain faktor tersebut juga terdapat faktor dari aktivitas mikroorganisme pengurai dalam kompos, dimana memiliki peran dalam memecah bahan organik dan mengubahnya menjadi senyawa yang mengandung nitrogen (Notohadiprawiro, 1999).

4.2.3 Rasio C/N

Mikroorganisme membutuhkan karbon dan nitrogen dalam setiap aktivitasnya. Rasio C/N terdiri dari unsur kimia karbon (C) dan nitrogen (N) yang saling berhubungan. Nilai rasio C/N merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi unsur hara, rasio C/N berbanding terbalik dengan jumlah unsur hara dalam tanah atau kompos, maka apabila nilai rasio C/N tinggi, unsur hara dalam tanah rendah (Andriany dkk, 2018). Pada SNI 19-7030-2004 dimana batas standar kompos untuk rasio C/N ini adalah 10-20%. Berikut hasil rasio C/N dari hasil degradasi sampah masker medis dan sampah sayuran:



Gambar 4. 10 Perbandingan Rasio C/N (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis)

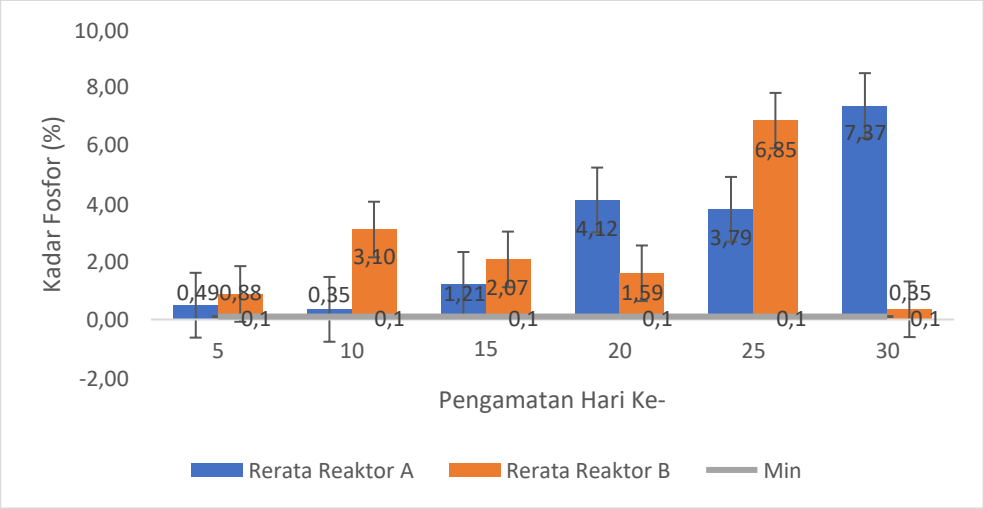
Berdasarkan grafik diatas, nilai rasio C/N yang didapat kurang dari standar SNI 19-7030-2004. Nilai rasio C/N yang tertinggi didapat pada reaktor B pada hari ke-5 dengan nilai sebesar 6,7%. Sedangkan pada reaktor A yang tertinggi pada hari ke-5 dengan nilai sebesar 5,8%. Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa rasio C/N dalam penelitian ini belum memenuhi standar minimal SNI 19-7030-2004. Jika konsentrasi rasio C/N rendah menandakan adanya kelebihan nitrogen yang tidak dipakai mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan pernyataan 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 nilai 20% diakibatkan juga kelebihan nitrogen sehingga masih dalam bentuk gas NH_3. Konsentrasi rasio C/N yang optimal akan mendekati dengan rasio C/N dari tanah sebesar 12%. Dimana nilai tersebut merupakan kondisi terbaik yang dapat mempengaruhi efisiensi pemanfaatan unsur hara yang terdapat pada pupuk (Nurdini, 2016).

4.2.4. Fosfor

Fosfor memiliki peran penting dalam pengomposan, terutama dalam konteks pemupukan organik dan pengelolaan kompos. Meskipun fosfor merupakan unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah kecil oleh tanaman, kandungan fosfor dalam kompos masih memiliki nilai penting. Pada penelitian ini pengujian pada fosfor menggunakan alat Spektrofotometri UV-VIS. Alat ini digunakan sebagai pengukur adsorben suatu sampel yang berfungsi untuk mengetahui Panjang gelombang tertentu. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Standar Deviasi Kandungan Fosfor

Reaktor	Pengamatan Hari Ke-					
	5	10	15	20	25	30
Rerata A	0,49	0,35	1,21	4,12	3,79	7,37
Rerata B	0,88	3,10	2,07	1,59	6,85	0,35
Stdev M1-3	7,29	0,14	0,75	0,35	2,33	2,32
Stdev M4-6	0,40	4,15	0,58	2,09	2,83	1,51



Gambar 4. 11 Perbandingan Kandungan Fosfor (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis)

Berdasarkan hasil grafik diatas, standar minimum kandungan fosfor yang mengacu pada SNI 19-7030-2004 sudah memenuhi standar sebesar 0,1%. Nilai tertinggi pada kandungan fosfor tersebut berada pada reaktor A dengan nilai sebesar 7,37% pada hari ke-30. Sedangkan reaktor B nilai tertingginya pada hari ke-25 dengan nilai 6,85%. Menurut Kaswinarmi et al., (2002) naik turunnya kadar fosfor dalam kompos dipengaruhi oleh nitrogen yang ada didalamnya, apabila nilai nitrogen yang ada dalam kompos tinggi maka mikroba yang ada di dalam kompos itu juga banyak sehingga nilai fosfor juga ikut meningkat, hal itulah yang menyebabkan tingginya nilai fosfor yang ada dalam kompos, serta kandungan fosfor dalam umpan yang diberikan juga akan mempengaruhi kadar fosfor dalam hasil degradasi. Nilai fosfor akan berpengaruh terhadap nilai nitrogen, semakin tinggi nilai nitrogen maka akan semakin tinggi aktivitas mikroba dalam merombak fosfor sehingga membuat kandungan fosfor pada kompos menjadi meningkat (Hidayati dkk, 2011).

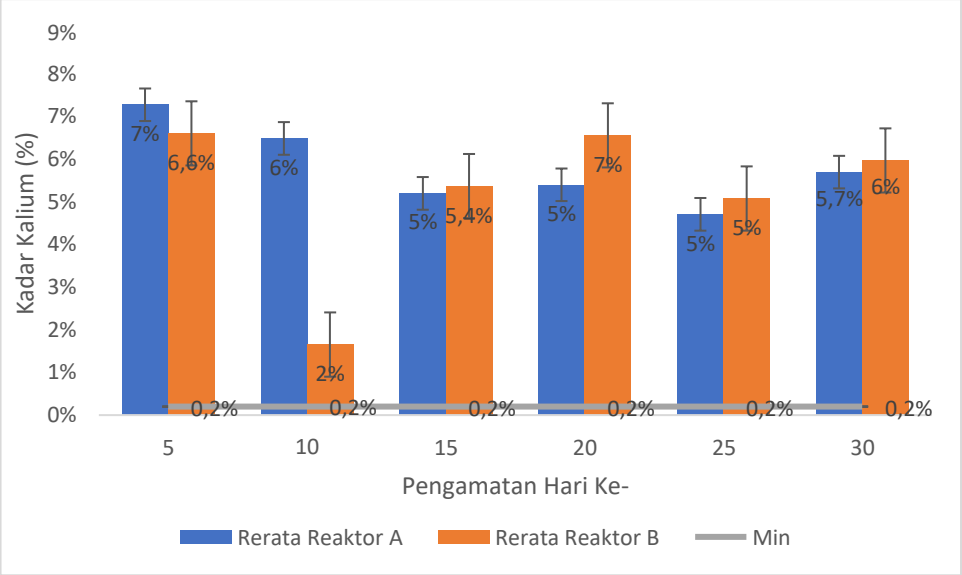
4.2.5 Kalium

Kalium memiliki fungsi dalam metabolisme tanaman seperti pertumbuhan tanaman, pengerasan akar dan juga batang. Menurut Hidayati dkk. (2010) kandungan K berasal dari bahan kompos atau umpan yang

mengandung hijauan yang didalamnya mengandung unsur K. Kandungan unsur K awalnya masih berbentuk organik kompleks yang tidak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan. Namun dengan adanya aktivitas dekomposisi oleh mikroorganisme yang mengubah organik kompleks menjadi organik sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk proses pertumbuhan (Widiarti dkk., 2015). Pada penelitian ini kadar kalium akan diuji dengan menggunakan alat berupa AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Berikut hasil nilai kadar kalium:

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Rerata dan Standar Deviasi Kandungan Kalium

Reaktor	Kadar Kalium					
	5	10	15	20	25	30
Rerata A	7%	6%	5%	5%	5%	5,7%
Stdev A	0,3%	1%	1%	0,1%	1%	0,3%
Rerata B	6,6%	2%	5,4%	6,6%	5,1%	6%
Stdev B	1%	0,005%	0,4%	1%	0,4%	1%



Gambar 4. 12 Perbandingan Kandungan Kalium (%) dengan Reaktor A (Sayur) dan Reaktor B (Sayur dan Masker Medis)

Berdasarkan grafik di atas, penelitian yang dilakukan selama 30 hari untuk menguji kadar kandungan kalium sudah memenuhi standar minimum yang mengacu pada SNI 19-7030-2004 yang mana sebesar 0,2%. Pada grafik diatas nilai kandungan kalium tertinggi didapat pada reaktor A pada hari ke-

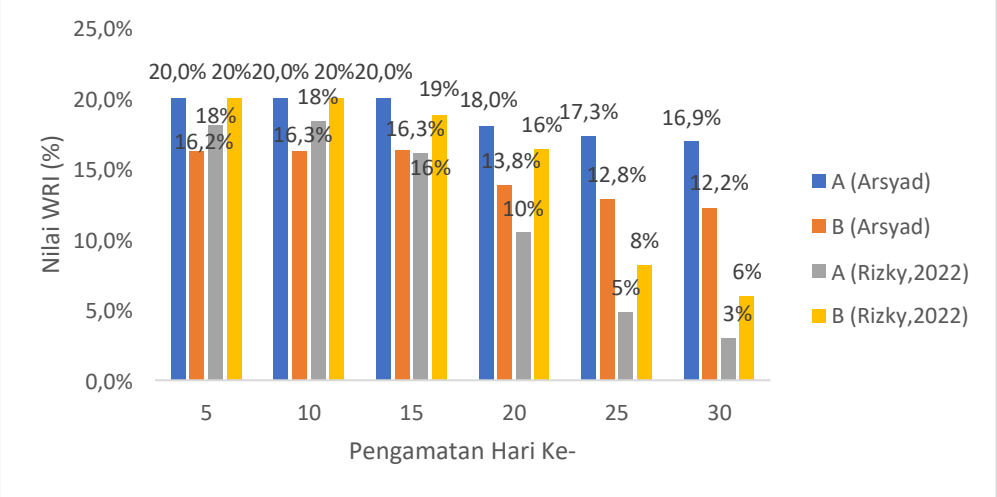
5 dengan nilai sebesar 7%. Sedangkan pada reaktor B nilai tertinggi pada hari ke-5 dan hari ke-20 dengan nilai sebesar 6,6%. Kondisi kalium yang meningkat disebabkan oleh bakteri pelarut K dalam kompos yang membuktikan bahwa keberadaan mikroorganisme sangat mempengaruhi kadar kalium yang dihasilkan (Gunawan et al., 2015). Kadar kalium yang tinggi pada kompos diakibatkan optimalnya penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Kandungan kalium yang rendah atau tidak sesuai baku mutu menyebabkan tanaman akan kekurangan unsur hara kalium. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sutrisman et all (2016) nilai kalium tertinggi yang diperoleh sebesar 0,4060% dan nilai kalium terendah sebesar 0,3456%. Lalu, pada penelitian ini nilai kalium tertinggi hingga terendah pada reaktor A sebesar 5%-7% dan pada reaktor B nilai tertinggi hingga terendah 2%-6,6%. Maka dapat diketahui bahwa kandungan kalium kompos pada penelitian ini nilainya lebih baik bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

4.3 Perbandingan Hasil Penelitian Sebelumnya

Pada pembahasan sub bab ini, ada beberapa parameter yang akan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang mana penelitian tersebut masih sama menggunakan ulat jerman hanya saja yang membedakan adalah di variabel kontrol. Tujuan dilakukan perbandingan ini adalah untuk menentukan variabel mana yang lebih efektif dalam pengomposan yang mengacu pada SNI 19-7030-2004, dan mana yang lebih efisien ketika digunakan untuk mendegradasi limbah sampah. Perbedaan pada perbandingan penelitian ini adalah Arsyad pada reaktor A (sampah sayur), reaktor B (sampah masker medis dicampur dengan sampah sayuran) dan penelitian sebelumnya yaitu (Rizky,2022) pada reaktor A (*pollard*), reaktor B (sampah masker medis dicampur dengan *pollard).*

4.3.1 Perbandingan WRI (Waste Reduction Index)

Berikut adalah hasil perbandingan grafik pada penelitian ulat jerman dengan variabel kontrol yang berbeda :



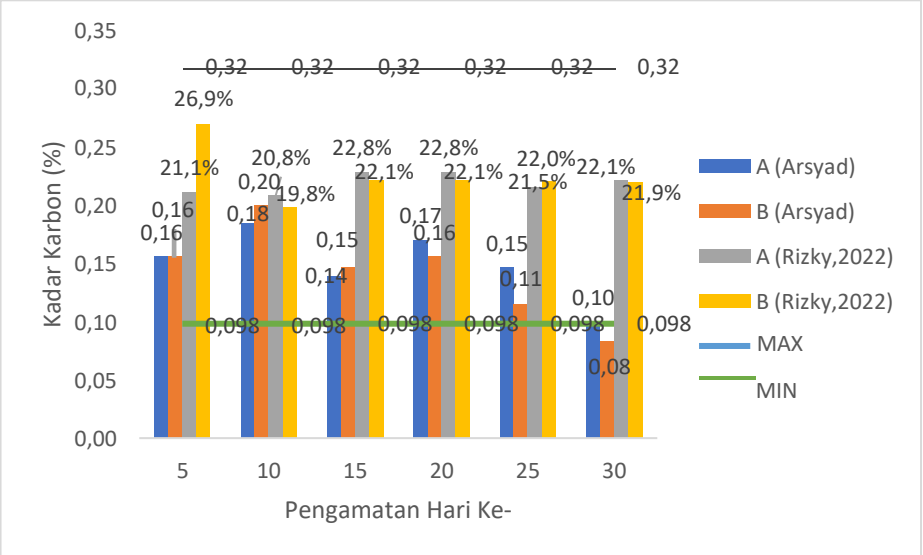
Gambar 4. 13 Perbandingan WRI dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)

Berdasarkan hasil grafik diatas, terjadi perbedaan yang signifikan pada kedua penelitian ini, dimana pada kedua penelitian ini terdapat nilai WRI tertinggi sebesar 20% dan nilai terendah sebesar 3%. Pada perbandingan reaktor A, reaktor A pada Arsyad jauh lebih tinggi daripada reaktor penelitian sebelumnya dengan nilai 20%-16,9%. Sedangkan pada reaktor A penelitian sebelumnya mencapai 18%-3%. Disini dapat dilihat jelas bahwasannya reaktor A Arsyad yang diberi pakan dengan sampah sayur jauh lebih baik didegradasi oleh ulat jerman. Namun, pada reaktor B di kedua penelitian ini mengalami naik turun pada grafiknya. Pada hari ke-5 – 20, reaktor B penelitian sebelumnya mencapai puncak tertinggi dengan nilai WRI 20%-16%. Pada hari ke-25 – 30, yang mendominasi yaitu pada reaktor B Arsyad dengan nilai WRI 12,8%-12,2%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada hari ke-5 – 20 hasil degradasi reaktor B penelitian sebelumnya jauh lebih baik dibandingkan Arsyad namun, untuk hari selanjutnya yaitu hari ke-25 – 30 yang lebih mendominasi justru reaktor B milik Arsyad. Pada kedua penelitian ini variasi pemberian pakan yang berupa sayuran, pollard dan juga

masker medis sama-sama dapat didegradasi dengan baik, hanya saja pada data diatas dapat dilihat bahwasannya ulat jerman lebih menyukai limbah sayuran dibandingkan pollard. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Erik Priyo dkk, 2017) limbah sayuran ataupun hijauan lainnya adalah sebagai pelengkap nutrisi bagi media pakan karena dapat mengenyangkan, sebagai sumber air, dan bila digunakan secara tepat juga memberikan kontribusi terhadap kebutuhan nutrisi ulat jerman.

4.3.2 Perbandingan Karbon

Berikut adalah hasil perbandingan grafik pada penelitian ulat jerman dengan parameter karbon :



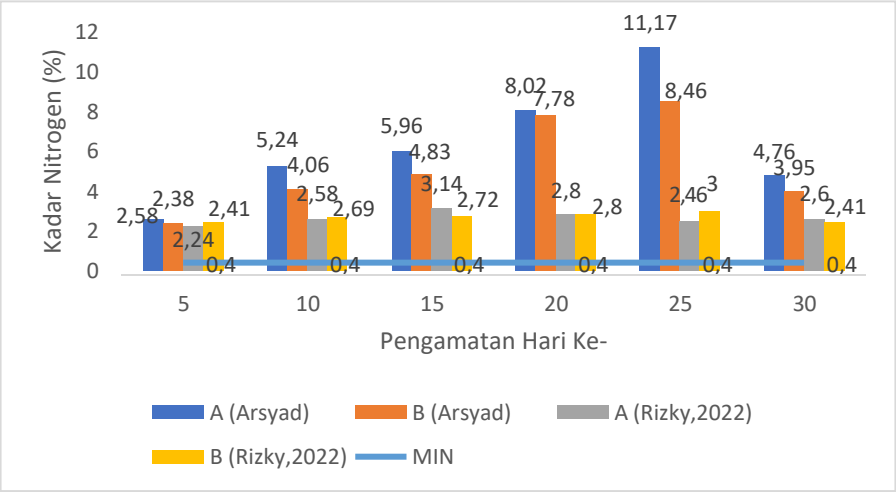
Gambar 4. 14 Perbandingan Parameter Karbon dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)

Berdasarkan hasil grafik diatas, kedua penelitian tersebut sama-sama sudah mencapai nilai minimum SNI-19-7030-2004 hanya saja pada reaktor B milik Arsyad di hari ke-30 belum mencapai batas minimum dengan nilai yaitu 8%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya kadar air yang berlebihan sehingga membuat kadar karbon menurun. Menurut (Lu et al., 2009) terdapat korelasi antara kadar karbon dengan kadar air, dimana rendahnya kadar

karbon yang ada di kompos maka kadar air akan meningkat. Nilai karbon tertinggi pada reaktor A dari kedua penelitian tersebut yaitu pada reaktor A penelitian sebelumnya dengan nilai karbon sebesar 22,8%-20,8%. Sedangkan pada reaktor B nilai karbon tertinggi yaitu pada reaktor B penelitian sebelumnya dengan nilai karbon yaitu 26,9%-19,8%. Sehingga dapat disimpulkan bahwasannya reaktor B penelitian sebelumnya yang diberi pakan sampah masker medis dicampur pollard jauh lebih baik didegradasi dan dengan hasil nilai kompos yang jauh lebih bagus.

4.3.3 Perbandingan Nitrogen

Berikut adalah hasil perbandingan grafik pada penelitian ulat jerman dengan parameter nitrogen :



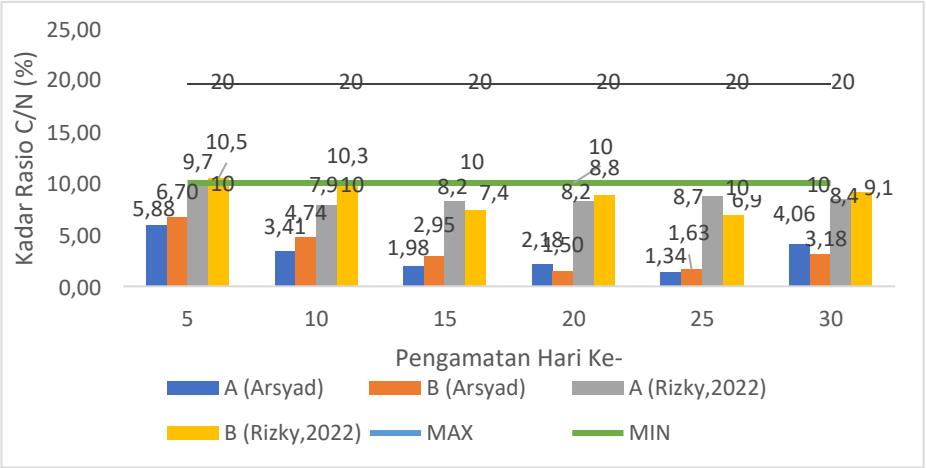
Gambar 4. 15 Perbandingan Parameter Nitrogen dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)

Berdasarkan hasil grafik diatas, pada kedua penelitian tersebut sama-sama sudah mencapai batas minimum SNI-19-7030-2004 yang mana batas minimum pengomposan pada nitrogen yaitu 0,4%. Nilai tertinggi nitrogen pada kedua penelitian ini berada pada reaktor A Arsyad dengan nilai nitrogen yaitu 11,17%-2,58%. Lalu, pada reaktor B nilai tertinggi nitrogen yaitu pada reaktor B Arsyad dengan nilai nitrogen 8,46%-2,38%. Sehingga pada

perbandingan nilai nitrogen dari hasil degradasi kedua penelitian ini, untuk menghasilkan nilai nitrogen yang lebih baik maka pemberian pakan yang tepat adalah dengan menggunakan limbah sayuran dan juga campuran limbah sayuran dan masker medis milik Arsyad. Hal ini sesuai dengan berdasarkan penelitian Sriharti (2008) menyatakan bahwa semakin banyak kandungan nitrogen, maka akan semakin cepat bahan organik terurai, karena mikroba membutuhkan nitrogen untuk perkembangannya. Nilai nitrogen dalam kompos dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu jenis umpan yang digunakan. Jenis umpan cukup mempengaruhi nilai N yang terkandung dalam hasil degradasi/ kompos. Umpan yang mengandung N tinggi apabila diberikan ke ulat sebagai agen biologi, maka hasil degradasinya akan mengandung N yang tinggi juga. Selain faktor tersebut juga terdapat faktor dari aktivitas mikroorganisme pengurai dalam kompos, dimana memiliki peran dalam memecah bahan organik dan mengubahnya menjadi senyawa yang mengandung nitrogen (Notohadiprawiro, 1999).

4.3.4 Perbandingan Rasio C/N

Berikut adalah hasil perbandingan grafik pada penelitian ulat jerman dengan parameter rasio C/N :

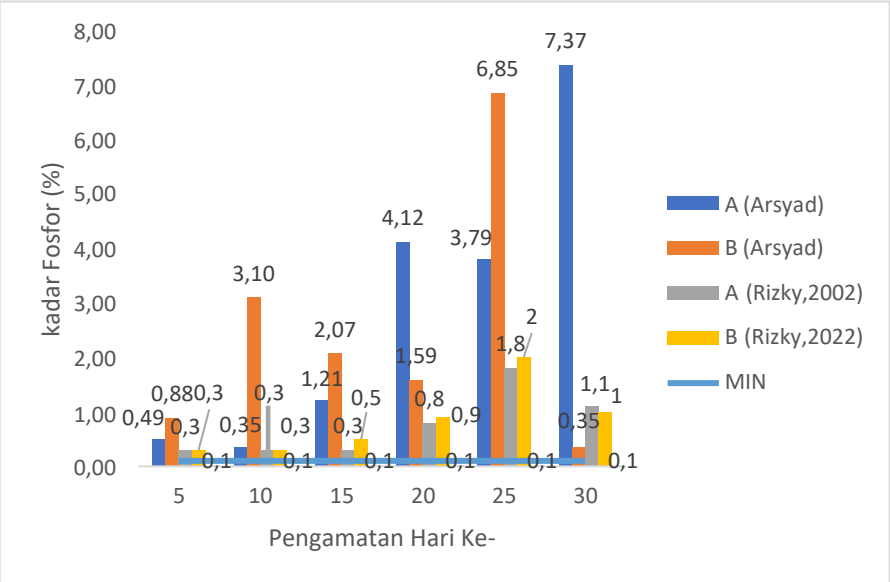


Gambar 4. 16 Perbandingan Rasio C/N dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)

Berdasarkan hasil grafik diatas, pada rasio C/N ini reaktor yang memenuhi nilai standar minimum SNI-19-7030-2004 yaitu pada reaktor B penelitian sebelumnya dimana nilai rasio C/N sebesar 10,3%-10,5% pada hari ke-5-10. Sedangkan pada reaktor milik Arsyad tidak ada satupun yang melewati batas minimum rasio C/N. Jika konsentrasi rasio C/N rendah menandakan adanya kelebihan nitrogen yang tidak dipakai mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan pernyataan 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 nilai 20% diakibatkan juga kelebihan nitrogen sehingga masih dalam bentuk gas NH_3.

4.3.5 Perbandingan Fosfor

Berikut adalah hasil perbandingan grafik pada penelitian ulat jerman dengan parameter fosfor :

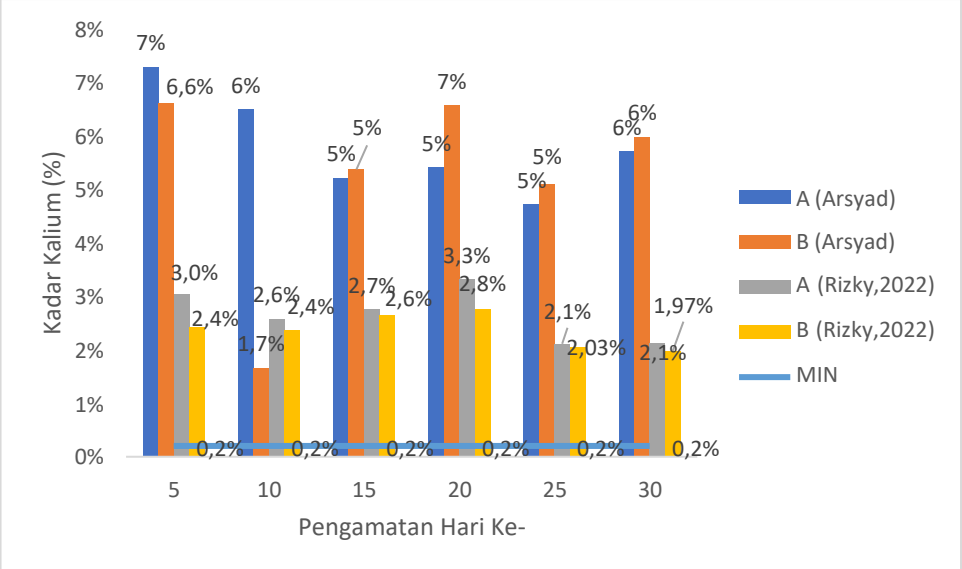


Gambar 4. 17 Perbandingan Parameter Fosfor dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)

Berdasarkan hasil grafik diatas, kedua penelitian ini sudah memenuhi batas standar SNI-19-7030-2004 terkait spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Nilai kandungan fosfor yang lebih tinggi berada pada reaktor milik Arsyad dimana pada reaktor A mencapai 7,37%-0,35%. Pada reaktor B nilai kandungan fosfor mencapai sebesar 6,85%-0,35%. Sehingga pada pada perbandingan nilai fosfor dari kedua penelitian ini adalah kandungan fosfor yang paling banyak didapati yaitu pada reaktor milik Arsyad dengan pemberian pakan limbah sayuran yaitu pada reaktor A. Sedangkan pada reaktor penelitian sebelumnya mempunyai kandungan fosfor yang lebih rendah dibandingkan reaktor milik Arsyad hanya saja reaktor penelitian sebelumnya sudah memenuhi baku mutu standar minimum SNI-19-7030-2004.

4.3.6 Perbandingan Kalium

Berikut adalah hasil perbandingan grafik pada penelitian ulat jerman dengan parameter kalium :



Gambar 4. 18 Perbandingan Parameter Kalium dari Reaktor A Penulis (Sayur) Reaktor B (Sayur dan Masker Medis) dengan Penelitian Sebelumnya Reaktor A (Pollard) Reaktor B (Pollard dan Masker Medis)

Berdasarkan grafik diatas, pada reaktor milik Arsyad masih mendominasi kandungan kalium pada penelitian ini. Dimana nilai tertinggi selama pengujian 30 hari ini berada pada hari ke-5 di reaktor A dengan nilai sebesar 7% dan nilai terendah pada reaktor B dengan kandungan kalium sebesar 1,7%. Sedangkan pada reaktor penelitian sebelumnya kandungan kalium tertinggi berada pada hari ke-20 dengan nilai sebesar 3,3% pada reaktor A dan kandungan kalium terendah berada pada hari ke-30 dengan nilai 1,97% pada reaktor B. Sehingga sesuai Menurut Hidayati dkk. (2010) kandungan K berasal dari bahan kompos atau umpan yang mengandung hijauan yang didalamnya mengandung unsur K, dimana pada penelitian Arsyad yang menggunakan limbah sayuran dan juga campuran limbah sayur dan masker medis jauh lebih baik jika ingin mendapatkan kandungan kalium yang lebih baik. Kondisi kalium yang meningkat disebabkan oleh bakteri pelarut K dalam kompos yang membuktikan bahwa keberadaan mikroorganisme sangat mempengaruhi kadar kalium yang dihasilkan (Gunawan et al., 2015).

4.4 Aplikasi Ulat Jerman Terhadap Limbah Organik dan Masker Medis di TPS3R

Pengaplikasian proses biodegradasi sampah masker medis oleh ulat jerman dapat juga dilakukan pada lingkup rumah tangga oleh masyarakat. Pengolahan sampah masker medis perlu dimulai dengan cara memilah dan memisahkan sampah masker medis dari sampah domestik yang ada di rumah. Berikut gambaran penggunaan masker medis dalam lingkup rumah tangga:

Tabel 4. 4 Jumlah Penggunaan Masker Medis dalam Sehari di Lingkup Rumah Tangga

Jumlah Anggota Keluarga	Rata-Rata Jumlah Penggunaan Masker Medis dalam Sehari (Buah)
2	2
3	3 – 4

4	4 – 6
>5	5 – 7

Sumber: Jurnal Riset Kesehatan Masyarakat 2022 (Triyani dkk, 2022)

Berdasarkan tabel diatas, penggunaan masker medis dalam rumah tangga mempunyai varian yang berbeda-beda dalam satu rumah tangga. Pada tabel diatas penggunaan masker di setiap 1 orangnya, menggunakan satu masker dalam seharinya. Jika dalam satu rumah terdapat 2 anggota keluarga maka, penggunaan masker dalam satu rumahnya berjumlah 2 masker medis yang dihasilkan. Namun, juga bisa terdapat jika jumlah anggota keluarga lebih dari 5 orang maka, jumlah masker medis yang dihasilkan bisa mencapai 5 – 7 orang.

Jika jumlah penggunaan masker medis serta sampah organik diaplikasikan untuk pengolahan sampah dalam lingkup TPS3R diambil jumlah yang melayani TPS3R tersebut dengan asumsi melayani 100 kartu keluarga (KK). Dengan asumsi jumlah timbulan sampah masker medis untuk 1 KK adalah 4 masker/5 hari dan membutuhkan kapasitas reaktor ulat jerman 500 gram ulat jerman untuk mendegradasinya serta, dengan cakupan TPS3R untuk 100 KK yang menghasilkan 1 ton/5 hari sampah organik maka :

1. Jumlah Timbulan Sampah Masker untuk 100 KK :

$$= Timbulan\ Sampah\ Masker\ per\ 1\ KK\ x\ 100$$

$$= \frac{4\ Masker}{5hari}\ x100 = 400\ Masker/5hari$$

2. Jumlah Timbulan Sampah Organik untuk 100 KK :

$$= Timbulan\ Sampah\ Organik\ per\ 1\ KK\ x\ 100$$

$$= \frac{1\ ton}{100\ KK} = 10\ Kg/5hari$$

3. Jumlah Berat Ulat yang Dibutuhkan untuk Mendegradasi Sampah Masker Medis dan Sampah Organik

$= (Berat\ Ulat\ per\ Timbulan\ Sampah\ Masker\ x\ Jumlah\ Timbulan\ Sampah\ Masker)$

$+ (Berat\ Ulat\ per\ Timbulan\ Sampah\ Organik\ x\ Jumlah\ Timbulan\ Sampah\ Organik)$

$$= (500gr\ x\ 400\ masker) + (500gr\ x \frac{1\ ton}{10\ kg})$$

$$= 200.000\ gr + 50.000\ gr = 250.000\ gram$$

4. Jumlah Reaktor Ulat Jerman yang dibutuhkan

$$= \frac{Jumlah\ Berat\ Ulat}{Kapasitas\ Reaktor\ Ulat\ Jerman\ per\ kg}$$

$$= \frac{250.000\ gr}{5\ kg/reaktor} = 50\ Reaktor$$

5. Berat Masker Medis per 50 Reaktor

$$= Jumlah\ Reaktor\ x\ Berat\ Masker\ Medis\ per\ 5\ hari$$

$$= 50\ Reaktor\ x\ 12{,}5\ gr = 625\ gram$$

6. Berat Sampah Organik per 50 Reakor

$$= Jumlah\ Reaktor\ x\ Berat\ Sampah\ Organik\ per\ 5\ hari$$

$$= 50\ Reaktor\ x\ 5\ kg = 250\ kg$$

Jadi, dengan asumsi tersebut untuk 100 KK, terdapat 400 timbulan sampah masker per 5 hari sekali, 10kg timbulan sampah organik terdegradasi dan dibutuhkan 250.000gram atau 250 kg ulat jerman untuk mendegradasi sampah masker medis dan sampah organik tersebut. Namun, perlu diketahui bahwa penggunaan ulat ini tentu harus memperhatikan umur ulat yang digunakan, karena semakin muda umur ulat yang digunakan maka akan semakin rakus atau agresif dalam mengkonsumsi limbah tersebut, sehingga nilai persentase ulat dalam mendegradasi limbah akan semakin baik atau semakin tinggi.

Pendegradasian sampah masker ini dapat dikombinasikan dengan *pollard* dikarenakan pakan tersebut merupakan pakan utama dari ulat tersebut. Bahkan, *pollard* ini juga dapat digantikan dengan kombinasi pemberian umpan sampah sayuran seperti sawi, wortel, kentang serta sayuran lainnya yang mengandung serat dan kadar air yang cukup untuk ulat jerman. Kemudian, hasil degradasi tersebut yang berupa *frass* masih dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos pada tanaman di rumah.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai "Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Sayuran dan Masker Medis Berdasarkan Parameter Kimia Menggunakan *Zophobas morio"* maka disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisis laju penguraian yang didapatkan dari reaktor A dengan ulat jerman diberi pakan sampah sayuran memiliki laju penguraian yang lebih tinggi dari pada reaktor A dengan ulat jerman yang diberi pakan sampah sayur dan masker medis.
2. Nilai konsumsi umpan tertinggi pada reaktor A yaitu 100% dan pada reaktor B mencapai 81%-82%. Hasil Indeks Reduksi Limbah (*Waste Reduction Index/*WRI) pada reaktor A lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor B. WRI tertinggi di reaktor A mencapai 20% dan pada reaktor B mencapai 16,4%±11,9%. Sedangkan pada biomassa ulat pada reaktor A sebesar 86±44,7 gr/ekor dan pada reaktor B sebesar 82±41,7 gr/ekor.
3. Hasil analisis parameter kimia pada *frass* ulat terkait unsur hara Karbon, Nitrogen, Phospor, dan Kalium telah memenuhi standar kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik, sedangkan pada nilai rasio C/N belum memenuhi standar baku mutu pada SNI 19-7030-2004.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang 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 medis dan sayuran terhadap ulat jerman sehingga degradasi terjadi lebih optimal.

2. Perlu dilakukannya analisis terkait durasi waktu penelitian agar lebih optimal untuk mendegradasi masker secara utuh oleh ulat jerman.
3. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait jumlah umur ulat jerman yang digunakan pada awal penelitian sehingga proses degradasi sampah dilakukan lebih optimal.
4. Perlu memperhatikan tempat pemeliharaan ulat jerman baik secara tertutup maupun terbuka, dikarenakan akan berpengaruh pada suhu ruangan dan suhu kompos.
5. Pengukuran pada temperatur ruangan perlu sebaiknya dilakukan lebih dari 1 kali dalam sehari guna untuk mengetahui rerata temperatur suhu ruangan dalam satu hari tersebut.
6. Melakukan pengujian FTIR pada sampel yang didapatkan untuk melihat kandungan unsur mikroplastik pada hasil degradasi sampah masker.
7. Perlu dilakukannya analisis lebih lanjut terkait parameter yang belum memenuhi standar kompos sesuai SNI 19-7030-2004.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Admadi H & Arnata. (2015). *Teknologi Polimer*.

Ambarsari, D. A., & Anggiani, M. (2022). Kajian Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen di Wilayah Perairan Laut Indonesia. *Oseana*, *47*(1), 20–28.

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(8), 1596–1605. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Ayuningtyas, W. C. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, *3*(1), 41–45. https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.5

Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). Marine anthropogenic litter. In *Marine Anthropogenic Litter*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3

Biantoro, R., & Purwita, C. A. (2019). Review: Pembuatan Serat Rayon. *Jurnal Selulosa*, *9*(02), 51. https://doi.org/10.25269/jsel.v9i02.273

BR, S. H. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama.

Chubarenko, I., Bagaev, A., Zobkov, M., & Esiukova, E. (2016). On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, *108*(1–2), 105–112. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.048

Ekosafitri, K. H., Rustiadi, E., & Yulianda, F. (2017). Pengembangan Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah Berdasarkan Infrastruktur Daerah: Studi Kasus Kabupaten Jepara. *Journal of Regional and Rural Development Planning*, *1*(2), 145. https://doi.org/10.29244/jp2wd.2017.1.2.145-157

Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, *58*(8), 1225–1228. https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2009.04.025

Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., Viñas, L., Gago, J., Antunes, J., Bessa, F., Sobral, P., Goruppi, A., Tirelli, V., Pedrotti, M. L., Suaria, G., Aliani, S., Lopes, C., Raimundo, J., Caetano, M., … Gerdts, G. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. *JPI-Oceans BASEMAN Project*, *May*, 33. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36256.89601/1

Gallagher, A., Rees, A., Rowe, R., Stevens, J., & Wright, P. (2016). Microplastics in the Solent estuarine complex, UK: An initial assessment. *Marine Pollution Bulletin*, *102*(2), 243–249. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.002

Hasibuan, N. H., Suryati, I., Leonardo, R., Risky, A., Ageng, P., & Addauwiyah, R. (2020). Analisa Jenis, Bentuk Dan Kelimpahan Mikroplastik Di Sungai Sei Sikambing Medan. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, *20*(2), 108. https://doi.org/10.36275/stsp.v20i2.270

Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). *Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote , Provinsi Nusa Tenggara Timur Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote , East Nusa Tenggara Province*. *5*, 165–171. https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204

Ismiyati, I., Utami, I., Tricahya, F. H., Pidianto, P., Rahmawati, S., Ramadhanti, A. M., & Sakti, A. D. (2023). Microplastics pollution in sediment of Serang River Kulon Yogyakarta Province. *Jurnal Rekayasa Proses*, *17*(1), 22–29. https://doi.org/10.22146/jrekpros.73233

Kapo, F. ., Toruan, L. N. L., & Paulus, C. A. (2020). Jenis dan kelimpahan mikroplastik pada kolom permukaan air di perairan Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, *1*(1), 10–21.

Katsanevakis, S., & Katsarou, A. (2004). Influences on the distribution of marine debris on the seafloor of shallow coastal areas in Greece (eastern Mediterranean). *Water, Air, and Soil Pollution*, *159*(1), 325–337. https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000049183.17150.df

Laksono, O. B., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Bandengan Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, *10*(2), 158–164. https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.29032

MIFTAHUL RESKI PUTRA NASJUM. (2020). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title. *Kaos GL Dergisi*, *8*(75), 147–154.

Novarini, E., & Sukardan, M. D. (2015). Potensi Serat Rami (Boehmeria Nivea S. Gaud) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil Dan Produk Tekstil Dan Tekstil Teknik. *Arena Tekstil*, *30*(2), 113–122. https://doi.org/10.31266/at.v30i2.1984

Pamungkas, N. A. G., Hartati, R., Redjeki, S., Riniatsih, I., Suprijanto, J., Supriyo, E., & Widianingsih, W. (2022). Karakteristik Mikroplastik

pada Sedimen dan Air laut di Muara Sungai Wulan Demak. *Jurnal Kelautan Tropis*, *25*(3), 421–431. https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.14923

Rahmawati, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (Pe) Dan High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Lataston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, *18*(2), 147–159.

Rahmayani, C. A., & Aminah, A. (2021). Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup Di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*, *3*(1), 18–33. https://doi.org/10.14710/jphi.v3i1.18-33

Regency, K., Province, R., Edy, M., Budijono, B., & Hasbi, M. (2022). *Identification of Microplastics in Water Column at Koto Panjang Dam ,*. 1353–1362.

Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., & Fossi, M. C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *95*(1), 358–361. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.048

Safitri, D. D., & Affanti, T. B. (2022). Perancangan Tekstil Pakaian Dengan Pewarna Dari Sampah Mangrove Dan Penerapan Motifnya Dengan Paduan Teknik Ikat Celup Dan Eco Printing. *Ornamen*, *19*(2), 121–131. https://doi.org/10.33153/ornamen.v19i2.4590

Shafani, R. H., Nuraini, R. A. T., & Endrawati, H. (2022). Identifikasi Dan Kepadatan Mikroplastik Di Sekitar Muara Sungai Banjir Kanal Barat Dan Banjir Kanal Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, *11*(2), 245–254. https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31885

Suardiningsih, D. (2013). Perbedaan Kain Katun Dengan Poliester Pada Busana Kuliah Ditinjau Dari Aspek Kenyamanan. *Teknologi Jasa Dan Produksi*, 1–71.

Suliyanthini, D. (2016). Ilmu Tekstil. *PT RajaGrafindo Persada*, *290*(1), 1–291.

Tagg, A. S., Sapp, M., Harrison, J. P., & Ojeda, J. J. (2015). Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging. *Analytical Chemistry*, *87*(12), 6032–6040. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b00495

Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & Vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 1973–1976.

https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054

Wardhana, W. A. (2001). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. ANDI Yogyakarta.

Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, *1*(4). https://doi.org/10.1098/rsos.140317

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian



Lampiran I. 1 Reaktor Pengujian A dan B



Lampiran I. 2 Pengambilan Sisa Sayur di Pasar Pakem



Lampiran I. 3 Penimbangan Limbah Sayur



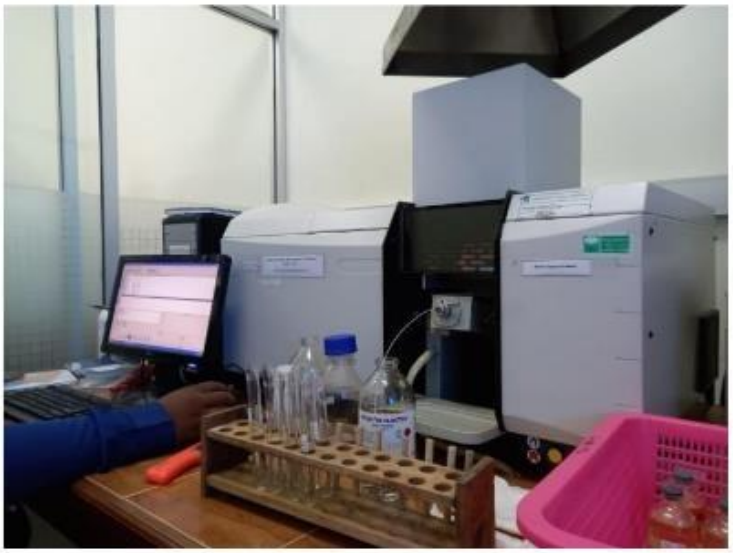
Lampiran I. 4 Penimbangan Masker Medis



Lampiran I. 5 Pengecekan Suhu Ruang di Tempat Penelitian



Lampiran I. 6 Pengujian Sampel Kalium dengan Destruksi 200 Celcius



Lampiran I. 7 Pengujian Sampel Kalium Menggunakan AAS



Lampiran I. 8 Penimbangan Berat Kompos yang Dihasilkan



Lampiran I. 9 Pengujian Sampel Karbon



Lampiran I. 10 Pengujian Sampel Fosfor



Lampiran I. 11 Pengujian Sampel Kalium

Lampiran 2. Tabel Data Penelitian

Reaktor	Kadar C - Organik (%)					
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**
M1	0,15	0,18	0,12	0,17	0,15	0,19
M2	0,16	0,19	0,14	0,12	0,14	0,13
M3	0,13	0,18	0,13	0,16	0,15	0,07
M4	0,15	0,20	0,14	0,17	0,15	0,12
M5	0,13	0,20	0,15	0,15	0,11	0,06
M6	0,16	0,19	0,15	0,16	0,12	0,06
Standar Deviasi M1-3 (A)	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,06
Standar Deviasi M4-6 (B)	0,020	0,004	0,002	0,011	0,020	0,034

*Keterangan : Data yang bewarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi.

Lampiran II. 1 Data Analisis Kadar C-Organik

Reaktor	Kadar P (%)					
	5	10	15	20	25	30
M1	13,11	0,56	1,14	3,99	4,87	0,98
M2	0,14	0,42	1,28	4,25	2,72	9,01
M3	0,85	0,28	2,50	3,55	7,36	5,73
M4	1,11	0,84	1,55	4,42	8,85	0,42
M5	0,42	0,57	2,70	0,28	4,85	0,28
M6	1,11	7,89	1,97	2,90	14,61	2,95
Stdev M1-3	7,29	0,14	0,75	0,35	2,33	2,32
Stdev M4-6	0,40	4,15	0,58	2,09	2,83	1,51

*Keterangan : Data yang bewarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi.

Lampiran II. 2 Data Analisis Kadar Fosfor

Reaktor	Kadar Kalium					
	5	10	15	20	25	30
M1	7%	7%	6%	5%	5%	6%
M2	8%	7%	6%	5%	4%	6%
M3	6%	5%	4%	5%	5%	5%
M4	6%	5%	5%	7%	5%	7%
M5	7%	0,03%	6%	6%	5%	7%
M6	5%	0,03%	5%	7%	5%	4%
Stdev M1-3	0,3%	1%	1%	0,1%	1%	0,3%
Stdev M4-6	1%	0,005%	0,4%	1%	0,4%	1%

*Keterangan : Data yang bewarna kuning merupakan data yang melebihi standar deviasi.

Lampiran II. 3 Data Analisis Kadar Kalium

Reaktor	Nilai WRI					
	5	10	15	20	25	30
M1	20,00%	20,00%	20,00%	18,00%	18,00%	16,00%
M2	20,00%	20,00%	20,00%	18,00%	17,20%	18,80%
M3	20,00%	20,00%	20,00%	18,00%	16,80%	16,00%
M4	16,18%	16,24%	16,38%	13,93%	12,78%	12,19%
M5	16,19%	16,20%	16,2%	14,23%	13,5%	13,0%
M6	16,4%	16,3%	16,37%	13,4%	12,23%	11,54%
Stdev M1-M3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,28%	0,00%
Stdev M4-M6	0,01%	0,03%	0,01%	0,21%	0,39%	0,46%

Lampiran II. 4 Data Analisis Nilai WRI

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

RIWAYAT HIDUP

Arsyad Maulana merupakan nama dari penulis tugas akhir ini. Pada tanggal 24 Maret 2001 penuis lahir di Duri, Riau. Penulis merupakan anak ketiga dari lima bersaudara dengan Ayah bernama Abu Bakar Siddik dan Ibu bernama Erma Yusma. Penulis menempuh Pendidikan mulai dari SD S Cendana Mandau (2007-2013), SMP S Cendana Mandau (2013-2016), SMA S Cendana Mandau (2016-2019), hingga dapat menempuh perkuliahan di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia sejak tahun 2019.

Selama masa perkuliahan, penulis sangat aktif dalam kegiatan non-akademik. Penulis pernah mengikuti beberapa kepanitiaan kampus sejak 2019-2022. Pada tahun 2019 penulis mengikuti kepanitiaan dalam acara Lintas Lingkungan 2020. Lalu, pada tahun 2020 hingga 2022 penulis menjadi staff ahli hingga menjadi Ketua Regional 3 Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia Periode 2021/2022. Di dalam kesibukannya dalam menyusun skripsi, penulis juga menjadi salah satu Tim Penyusun Asisten Akreditasi LAM Teknik Magister Teknik Lingkungan Tahun 2023.