

**TUGAS AKHIR**  
**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA *FRASS***  
**ULAT JERMAN (*Zophobas morio*)**

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



**ANNISA YUMNA AZZAHRO**

**20513131**

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

**2024**

**TUGAS AKHIR**  
**IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA *FRASS***  
**ULAT JERMAN (*Zophobas morio*)**

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



**ANNISA YUMNA AZZAHRO**  
**20513131**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

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

**NIK.155130507**

**Tanggal: 28-03-2024**

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

**NIK. 045130401**

**Tanggal: 28/3-2024**

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK PADA FRASS  
ULAT JERMAN (*Zophobas morio*)

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis  
Tanggal : 28 Maret 2024

Disusun Oleh :

ANNISA YUMNA AZZAHRO  
20513131

Tim Penguji:

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

( F M )  
28-03-2024

Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng

( Hijrah )  
28/3/2024

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

( Annisa )  
28/3/2024

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis laporan tugas akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk menyelesaikan studi akademik apapun, termasuk di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis laporan tugas akhir ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa melibatkan pihak manapun kecuali masukan dan arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis laporan tugas akhir ini tidak tercantum karya dan/atau pendapat dan gagasan yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam pembuatan karya tulis laporan tugas akhir dengan menuliskan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka..
4. Pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sungguh-sungguh dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 28 Maret 2024

Yang membuat pernyataan,



Annisa Yumna Azzahro

NIM : 20513131

## PRAKATA

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada Frass Ulat Jerman (*Zophobas morio*)**”. Penyusunan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan jenjang Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak melewati rintangan dan hambatan. Namun rintangan dan hambatan tersebut dapat dilalui oleh penulis berkat adanya rahmat Allah SWT, beserta dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak dalam bentuk moral maupun spiritual. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan tugas akhir.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis terutama Bapak Sayid Yunanta dan Ibu Sri Murni yang selalu memberikan dukungan baik dalam bentuk moral maupun material serta kasih sayang dan do'a kepada penulis.
3. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk selalu memberikan bimbingan, dukungan, bantuan, serta saran kepada penulis selama masa pengerjaan tugas akhir.
4. Seluruh tenaga pengajar, staff, laboran, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan yang dapat menjadi panduan selama proses pengerjaan tugas akhir.

5. Rekan seperjuangan topik mikroplastik dan seperbimbingan yang selalu memberi dukungan dan bantuan dari awal proses pengerjaan tugas akhir hingga selesai.
6. Rekan grup “yuk bisa yuk”, grup “ytta” dan grup “Pandanaran” terutama Ayudhia Surya yang selalu memberikan dukungan dan kasih sayang kepada penulis dari awal masa perkuliahan hingga proses pengerjaan tugas akhir.

Kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak luput merupakan dari kesalahan dan keterbatasan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, pemberian kritik dan saran kepada penulis diterima untuk dalam kemajuan penulis dan juga kelengkapan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

*Billahi taufiq wal hidayah,*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 28 Maret 2024

Penulis,



Annisa Yumna Azzahro

## ABSTRAK

ANNISA YUMNA AZZAHRO. Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Dibimbing oleh Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Limbah masker medis merupakan limbah anorganik yang sulit terdegradasi langsung oleh alam. Salah satu inovasi terbaru dalam pengelolaan limbah masker medis adalah dengan menggunakan proses biodegradasi dengan agen biologi yaitu Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah, kelimpahan, warna, dan jenis mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) serta menganalisis kandungan polimer dari mikroplastik tersebut. Terdapat 3 reaktor sampel penelitian dengan variasi umpan pollard serta masker medis dan limbah sayuran serta masker medis serta tanah kontrol yaitu tanah kompos hasil TPS3R Kenanga, Sleman. Hasil analisis menggunakan mikroskop terkait jenis mikroplastik pada sampel dan tanah kontrol yaitu *Fragment*, *Film*, *Fiber*, *Fillament*, dan *Pellet* dengan variasi warna hitam, transparan, hijau, biru, merah, dan coklat. Kelimpahan jumlah mikroplastik tertinggi dimiliki oleh sampel dengan pakan limbah sayuran 40 gram dan masker medis 10 gram yaitu sebanyak 559 partikel/gram. Terdapat 19 jenis polimer mikroplastik yang terdeteksi menggunakan FT-IR dan diambil 5 polimer yang terpilih dengan nilai skor kemiripan yang paling tinggi pada semua sampel yaitu *Tencel*, *Cellulose*, *Ramie*, *Cupra*, dan *Polyacetylene*. Berdasarkan analisis kualitas tanah kompos organik TPS 3R Kenanga, Sleman lebih baik dibandingkan *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

**Kata Kunci:** Biodegradasi, *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*), Mikroplastik, Mikroskop, Spektrofotometri FT-IR.

## ABSTRACT

ANNISA YUMNA AZZAHRO. *Identification of Microplastic Content in German Caterpillar (Zophobas morio) Frass. Supervised by Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.*

*Medical mask waste is inorganic waste that is non-biodegradable. One of the latest innovations in managing medical mask waste is using biological agent with biodegradation process carried out by German caterpillars (Zophobas morio). This research aims to determine the number, abundance, color and type of microplastics in German Caterpillar (Zophobas morio) frass and analyze the polymer content of these microplastics. There are 3 research sample reactors with variations of pollard feed as well as medical masks and vegetable waste as well as medical masks and control soil, namely organic compost soil from TPS3R Kenanga, Sleman. The results of analysis using a microscope related to the types of microplastics in the samples and control soil, namely Fragment, Film, Fiber, Fillament and Pellet with variations in black, transparent, green, blue, red and brown. The highest abundance of microplastics was found in samples with 40 grams of vegetable waste feed and 10 grams of medical masks, namely 559 particles/gram. There were 19 types of microplastic polymers detected using FT-IR and 5 polymers were selected with the highest similarity scores in all samples, namely Tencel, Cellulose, Ramie, Cupra, and Polyacetylene. Based on an analysis of the soil quality of TPS 3R Kenanga organic compost, Sleman is better than German Caterpillar (Zophobas morio) Frass.*

**Keywords:** *Biodegradation, German Caterpillar Frass (Zophobas morio), Microplastics, Microscope, FT-IR Spectrophotometry*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>i</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Sampah Masker Medis .....	6
2.2 Ulat Jerman.....	7
2.3 Kompos .....	9
2.4 Mikroplastik .....	10
2.5 Penelitian Terdahulu.....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Tahapan Penelitian .....	22
3.2 Waktu dan Lokasi.....	23

3.3 Variabel Penelitian .....	23
3.4 Alat dan Bahan .....	23
3.4.1 Alat.....	24
3.4.2 Bahan .....	25
3.5 Preparasi Sampel .....	26
3.6 Analisis Sampel.....	31
3.7 Prosedur Analisis Data .....	33
3.7.1 Analisis Data Pengujian Parameter Fisika.....	33
3.7.2 Analisis Data Metode Pengujian Mikroplastik.....	37
<b>BAB IV .....</b>	<b>39</b>
<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Deskripsi Sampel.....	39
4.2 Parameter Fisik.....	41
4.2.1 Kadar Air .....	41
4.2.3 Temperatur.....	44
4.2.4 Warna.....	45
4.2.5 pH.....	46
4.3 Hasil Identifikasi kandungan Mikroplastik .....	48
4.3.1 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah. ....	49
4.3.2 Kelimpahan Mikroplastik .....	51
4.3.4 Mikroplastik Berdasarkan Jenis.....	55
4.3.5 Mikroplastik Berdasarkan Warna .....	63
4.4 Hasil Identifikasi Senyawa Polimer pada Mikroplastik.....	68
4.5 Rekomendasi Penggunaan Frass Ulat Jerman sebagai Kompos .....	76
<b>BAB V.....</b>	<b>79</b>

<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>91</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>106</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Siklus Ulat Jerman .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> Struktur polimer (a) PE (b) PET (c)Nylon (d) PP (e) PS (f) PVC..	11
<b>Gambar 2. 3</b> Struktur Mikroskop.....	15
<b>Gambar 2. 4</b> Spektrum Hasil FT-IR .....	16
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	23
<b>Gambar 3. 2</b> Proses Pengeringan Sampel.....	27
<b>Gambar 3. 3</b> Penggunaan NaCl .....	28
<b>Gambar 3. 4</b> Proses Density Preparation Sampel P2 dengan NaCl.....	29
<b>Gambar 3. 5</b> Proses <i>Wet Peroxide Oxidation</i> Sampel (WPO).....	30
<b>Gambar 3. 6</b> Proses Penyaringan Sampel Menggunakan <i>Vacuum</i> .....	31
<b>Gambar 3. 7</b> Hasil Penyaringan Sampel pada Kertas Saring .....	31
<b>Gambar 3. 8</b> Tahapan Analisis Menggunakan Mikroskop.....	32
<b>Gambar 3. 9</b> Tahapan Analisis Kandungan Polimer dengan Spektrofotometer FT-IR.....	33
<b>Gambar 3. 10</b> Hasil Pengamatan Warna pada Sampel .....	34
<b>Gambar 3. 11</b> Hasil Derajat Keasaman yang Terbaca pada pH Meter.....	36
<b>Gambar 3. 12</b> Tahapan Pengukuran Parameter Fisik pada Sampel.....	37
<b>Gambar 4. 1</b> Presentase Kadar Air pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	41
<b>Gambar 4. 2</b> Hasil Pengukuran Suhu pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol.....	44
<b>Gambar 4. 3</b> MPs pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol Berdasarkan Jumlah .....	49
<b>Gambar 4. 4</b> MPs pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ).....	50
<b>Gambar 4. 5</b> Kelimpahan pada Reaktor <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	52
<b>Gambar 4. 6</b> Kelimpahan pada Reaktor <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> )..	53

<b>Gambar 4. 7</b> Presesntase MPs Berdasarkan Jenis pada Reaktor <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ).....	56
<b>Gambar 4. 8</b> Presentase MPs pada Tanah Kontrol Berdasarkan Jenis .....	57
<b>Gambar 4. 9</b> Mikroplastik Jenis <i>Fragment</i> dan Ukurannya .....	59
<b>Gambar 4. 10</b> Mikroplastik Jenis <i>Film</i> dan Ukurannya.....	60
<b>Gambar 4. 11</b> Mikroplastik Jenis <i>Filament</i> dan Ukurannya.....	60
<b>Gambar 4. 12</b> Mikroplastik Jenis <i>Pellet</i> dan Ukurannya.....	61
<b>Gambar 4. 13</b> Mikroplastik Jenis <i>Fiber</i> dan Ukurannya .....	62
<b>Gambar 4. 14</b> Presesntase MPs berdasarkan Warna pada Reaktor <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ). .....	64
<b>Gambar 4. 15</b> Presesntase MPs berdasarkan Warna pada Tanah Kontrol.....	65
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik Hasil Analisis Senyawa Kimia pada Tanah Kontrol.....	69
<b>Gambar 4. 17</b> Presentase Polimer dengan Skor Kemiripan Tertinggi pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) .....	73
<b>Gambar 4. 18</b> Polimer dengan Skor Kemiripan Tertinggi pada Tanah Kontrol..	74

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Densitas Polimer Plastik.....	10
<b>Tabel 2. 2</b> Pengelompokkan Mikroplastik Menurut Ukuran.....	12
<b>Tabel 2. 3</b> Bentuk Mikroplastik.....	13
<b>Tabel 2. 4</b> Penelitian Terdahulu.....	17
<b>Tabel 3. 1</b> Alat Pengujian Parameter Fisika .....	24
<b>Tabel 3. 2</b> Alat Pengujian Mikroplastik .....	24
<b>Tabel 3. 3</b> Sampel Penelitian .....	25
<b>Tabel 3. 4</b> Penggunaan NaCl pada Proses <i>Density Preparation</i> .....	28
<b>Tabel 4. 1</b> Konsumsi Umpan pada Sampel Frass Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> )40	
<b>Tabel 4. 2</b> Presentase Kadar Air Tiap Reaktor <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol.....	43
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Pengukuran Suhu pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	45
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Pengamatan Warna pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	45
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Presentase Derajat Keasaman (pH) pada Tiap Reaktor <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	47
<b>Tabel 4. 6</b> Jumlah Mikroplastik pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	51
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Perhitungan Kelimpahan MPs pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol.....	52
<b>Tabel 4. 8</b> Besar Presentase Konsumsi Umpan pada Reaktor Sampel <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) .....	54
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Perhitungan Presentase Mikroplastik berdasarkan Jenis .....	55
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil Pengujian Ukuran pada Jenis MPs.....	62
<b>Tabel 4. 11</b> Hasil Perhitungan Presentase Mikroplastik Berdasarkan Warna .....	63

<b>Tabel 4. 12</b> Tabel Hasil Pengamatan MPs Berdasarkan Warna pada Sampel <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	66
<b>Tabel 4. 13</b> Hasil Analisis Nilai Skor Kemiripan Polimer pada Sampel <i>Frass</i> Ulat Jerman dan Tanah Kontrol .....	70
<b>Tabel 4. 14</b> Presentase Skor Kemiripan Polimer Hasil Analisis FTIR pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	71
<b>Tabel 4. 15</b> Kegunaan dari Polimer dengan Presesntase Tertinggi pada <i>Frass</i> Ulat Jerman ( <i>Zophobas morio</i> ) dan Tanah Kontrol .....	75

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1. 1</b> Hitlist Sampel P1 .....	91
<b>Lampiran 1. 2</b> Graph Sampel P1 .....	91
<b>Lampiran 1. 3</b> Hitlist Sampel P2 .....	92
<b>Lampiran 1. 4</b> Graph Sampel P2 .....	92
<b>Lampiran 1. 5</b> Hitlist Sampel P3 .....	93
<b>Lampiran 1. 6</b> Graph Sampel P3 .....	93
<b>Lampiran 1. 7</b> Hitlist Sampel R1 .....	94
<b>Lampiran 1. 8</b> Graph Sampel R1 .....	94
<b>Lampiran 1. 9</b> Hitlist Sampel R2.....	95
<b>Lampiran 1. 10</b> Graph Sampel R2.....	95
<b>Lampiran 1. 11</b> Hitlist Sampel R3.....	96
<b>Lampiran 1. 12</b> Graph Sampel R3.....	96
<b>Lampiran 1. 13</b> Hitlist Sampel M4.....	97
<b>Lampiran 1. 14</b> Graph Sampel M4.....	97
<b>Lampiran 1. 15</b> Hitlist Sampel M5.....	98
<b>Lampiran 1. 16</b> Graph Sampel M5.....	98
<b>Lampiran 1. 17</b> Hitlist Sampel M6.....	99
<b>Lampiran 1. 18</b> Graph Sampel M6.....	99
<b>Lampiran 1. 19</b> Hitlist Tanah Kontrol.....	100
<b>Lampiran 1. 20</b> Graph Tanah Kontrol.....	100
<b>Lampiran 2. 1</b> MPs Berdasarkan Jenis pada Sampel Penelitian.....	101
<b>Lampiran 2. 2</b> MPs BerdasarkanWarna pada Sampel Penelitian.....	101
<b>Lampiran 3. 1</b> Daftar Hadir Audience Seminar Hasil .....	102
<b>Lampiran 3. 2</b> Rekap Absensi G-form Audience .....	103
<b>Lampiran 3. 3</b> Bukti Screenshoot Zoom Seminar Hasil.....	103
<b>Lampiran 3. 4</b> Berita Acara Seminar Hasil .....	104
<b>Lampiran 3. 5</b> Lembar Pengesahan Berita Acara Seminar Hasil .....	105

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan produksi sampah yang terjadi saat ini menjadi ancaman yang besar bagi kebersihan lingkungan karena masih belum dapat dikelola dengan sistem pengelolaan sampah yang baik. Pengelolaan sampah yang baik harus memiliki manfaat bagi masyarakat dan mengurangi dampak buruk yang timbul dengan cara dilakukan secara terpadu. Salah satu jenis sampah yang mengalami peningkatan akibat bertambahnya jumlah penduduk dunia, yaitu sampah plastik. Plastik merupakan produk yang terbuat dari bahan polimer sintesis yang mengandung berbagai macam hasil proses ekstraksi minyak dan gas (Putra & Ma'rufah, 2022). Plastik memiliki sifat yang sulit terdegradasi secara langsung oleh lingkungan, hal ini dikarenakan dibutuhkan waktu puluhan bahkan sampai ratusan tahun untuk proses degradasi plastik.

Pemanfaatan plastik banyak digunakan oleh masyarakat karena plastik bersifat ekonomis dan ringan. Salah satu pemanfaatan plastik adalah sebagai kemasan makanan dan masker medis. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, selama wabah COVID-19 terjadi timbulan limbah medis meningkat hingga 50%. Hal ini juga didukung dengan data Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mengenai jumlah timbulan limbah medis yang menyentuh angka sebesar 1.662,75 ton pada masa bulan Maret sampai September tahun 2020. Limbah medis dapat berupa limbah sarung tangan, masker medis sekali pakai, APD, dan *Face Shield*. Banyaknya anjuran penggunaan masker pada saat pandemi COVID-19 menyebabkan besarnya timbulan limbah masker medis sekali pakai. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan masker medis adalah plastik dengan

densitas tinggi yaitu jenis polietilen dan polipropilen. Selain itu, bahan polimer pendukung yang dibutuhkan dalam pembuatan masker medis merupakan bahan yang sama digunakan untuk pembuatan kemasan makanan (Gesriantuti *et al.*, 2022)

Limbah masker medis merupakan limbah anorganik yang bersifat nonbiodegradable . Banyak masyarakat yang memilih untuk mengolah sampah anorganik dengan cara yang tidak ramah lingkungan, sehingga pengolahannya menimbulkan polusi yang baru bagi lingkungan yaitu dengan cara dibakar maupun ditimbun. Pengelolaan sampah dengan cara dibakar dapat menambah polusi udara. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan untuk mengolah sampah anorganik adalah dengan cara menggunakan biodegradasi. Hal bertujuan agar sampah anorganik dapat diolah secara terpadu sehingga pengolahannya menimbulkan dampak yang baik bagi masyarakat dan lingkungan (Pangestu *et al.*, 2017)

Pengolahan sampah menggunakan organisme adalah salah satu proses yang menggunakan prinsip kerja yaitu melakukan perubahan menjadi zat sederhana dengan memanfaatkan agen biologi atau dikenal dengan biodegradasi (Islami, 2019). Salah satu organisme yang dapat digunakan untuk proses biodegradasi limbah masker medis adalah larva. Penggunaan larva sebagai agen biodegradasi limbah medis merupakan inovasi yang sedang banyak dikembangkan. Salah satu jenis larva yang digunakan yaitu Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Ulat jerman (*Zophobas morio*) dapat digunakan sebagai agen penguraian sampah untuk menghasilkan pupuk organik. Limbah masker medis dapat didegradasikan oleh ulat jerman hingga 9,8 % dari total limbah medis sebesar 10 gram dalam kurun waktu 5 hari. Pemanfaatan hasil degradasi limbah masker medis dapat berupa frass ulat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk bagi pertanian.

Proses degradasi limbah masker medis merupakan proses perubahan masker medis menjadi partikel yang lebih kecil yaitu mikroplastik. Mikroplastik memiliki ukuran <5mm dan berbentuk serpihan hasil dari proses degradasi plastik (Permatasari, *et al.*, 2020). Terdapat dua sumber mikroplastik yang timbul pada lingkungan, yang pertama yaitu mikroplastik dengan serpihan yang murni hasil proses industri atau dapat disebut dengan mikroplastik primer, kemudian yang kedua adalah mikroplastik hasil dari degradasi (Van Cuwenberghe *et al.*, 2013).

Kontaminasi mikroplastik di lingkungan dapat berbahaya bagi manusia melalui transfer rantai makanan dari organisme-organisme yang lain (Lumban Tobing *et al.*, 2020).

Melihat dari bahaya yang ditimbulkan oleh mikroplastik bagi berbagai sektor dan belum adanya penelitian terkait kandungan mikroplastik pada *frass* ulat jerman (*Zophobas morio*), maka akan dilakukannya penelitian terkait kandungan mikroplastik yang terkandung dalam *frass* ulat jerman hasil biodegradasi limbah masker medis menggunakan metode mikroskopis dan alat FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Sehingga nantinya penelitian yang dilakukan akan dijadikan pertimbangan terkait penggunaan ulat jerman (*Zophobas morio*) sebagai mikroba pendegradasi masker serta hasil *frass* yang dihasilkan dapat dipertimbangkan keamanannya bagi lingkungan untuk dipergunakan sebagai pupuk pertanian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun terkait penelitian identifikasi kandungan mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) maka didapatkan perumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana jenis dan karakteristik fisik (warna dan ukuran) mikroplastik yang terkandung dalam *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pendegradasi limbah masker medis sekali pakai dengan umpan *pollard*, sayuran, dan masker?
2. Apa saja kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dengan umpan limbah masker medis, sayuran, dan *pollard*?
3. Bagaimana kelimpahan mikroplastik pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dengan umpan limbah masker medis, sayuran dan *pollard*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis jenis dan karakteristik fisik (warna dan ukuran) mikroplastik yang terkandung dalam *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pendegradasi limbah masker medis sekali pakai dengan umpan sayuran, *pollard*, dan masker.
2. Menganalisis kandungan polimer yang terkandung dalam mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dengan umpan limbah masker medis, sayuran, dan *pollard*.
3. Mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dengan umpan limbah masker medis, sayuran, dan *pollard*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini nantinya diharapkan akan memberikan manfaat. Berikut pemetaan manfaat dalam penelitian ini :

1) Bagi Mahasiswa

Mahasiswa mampu menerapkan ilmu yang telah didapatkan saat berada di bangku perkuliahan untuk pengaplikasian secara langsung pada penelitian ini.

2) Bagi Masyarakat

Dapat dijadikan informasi agar masyarakat lebih sadar dalam menjaga lingkungan. Selain itu dapat memberikan kefahaman masyarakat mengenai sebaran mikroplastik yang terdapat dalam *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*).

3) Bagi Program Studi Teknik Lingkungan

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam pembelajaran mahasiswa di bangku perkuliahan. Penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi bagi pembelajaran sehingga kedepannya diharapkan mahasiswa yang dihasilkan lebih baik.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut ;

### 1) Ruang Lingkup Metode

Pada penelitian ini berfokus pada kualitas, sebaran mikroplastik disertai dengan melakukan analisis dari karakteristik mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) tersebut. Untuk karakteristik mikroplastik yang dianalisis yaitu jenis karakteristik fisik (warna dan ukuran), serta jenis polimer dari mikroplastik tersebut. Selain itu, pada penelitian kali ini juga melakukan pengujian kualitas dari sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Pengujian kualitas dilakukan dengan membandingkan baku mutu mengenai Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Pengujian kandungan mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) menggunakan mikroskop dan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) sesuai dengan panduan yang diberikan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Identifikasi karakteristik dilakukan dengan cara pemetaan sesuai dengan jenis dan karakteristiknya.

### 2) Ruang Lingkup Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang digunakan yaitu *Frass* Ulat Jerman pendegradasi limbah masker medis sekali pakai. Penelitian dilakukan dalam kurun waktu selama 4 bulan, dimulai bulan November 2023 sampai bulan Februari 2024.

### 3) Ruang Lingkup Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan adalah *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dengan pakan berupa sampah sayuran, pollard, dan sampah masker medis sekali pakai. Variasi pemberian makan dilakukan setiap 5 hari sekali dengan lama waktu selama 30 hari. Sampel yang digunakan merupakan *frass* Ulat Jerman pada pengujian hari ke 25 atau minggu ke-4. Untuk sampel Kontrol menggunakan tanah kompos yang tersedia pada TPS 3R Kenanga, Sleman.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

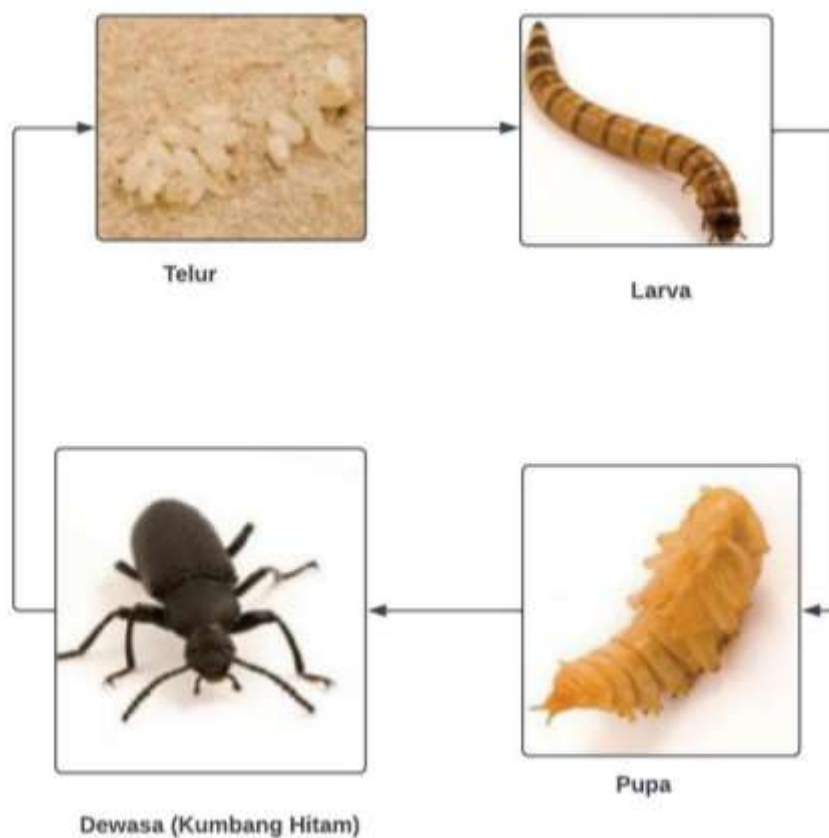
#### **2.1 Sampah Masker Medis**

Masker menjadi kebutuhan utama masyarakat pada saat pandemi COVID-19 baik bagi masyarakat yang terkena wabah maupun masyarakat yang sehat, sehingga terjadi peningkatan penggunaan masker. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk memutus rantai penularan virus COVID-19. Jenis masker yang banyak digunakan adalah masker sekali pakai. Capaian penggunaan masker saat pandemic COVID-19 pada skala dunia mencapai angka 2.228.170,832 masker perhari. Peningkatan penggunaan masker menyebabkan terjadinya pencemaran baru bagi lingkungan, yaitu peningkatan timbulan sampah masker medis (Lubriyana *et al.*, 2022). Pengelolaan sampah masker medis yang tidak tepat akan menjadi pemicu adanya pencemaran lingkungan (Hayat & Zayadi, 2018).

Berbagai macam polimer terdapat dalam masker medis sekali pakai diantaranya seperti polyester poliuretan, polistirena, poliakrilonitril, dan lain-lain . Polimer poripropilen dan polietilen yang terkandung dalam pembuatan masker sekali pakai memiliki sifat dengan densitas diatas rata-rata (Prata *et al.*, 2021). Sampah masker medis termasuk dalam sampah anorganik yang bersifat sulit terurai langsung oleh lingkungan. Hal ini disebabkan karena adanya bahan plastik yang terkandung dalam masker medis sekali pakai yaitu polipropilena (Rebia *et al.*, 2022). Sampah masker medis sekali pakai harus dikelola dengan baik. Apabila masker medis sekali pakai dibiarkan dilingkungan maka akan menyebabkan terjadinya sumber mikroplastik baru pemecahan plastik menjadi molekul plastik yang lebih kecil yaitu dibawah 5 mm (Fadare, 2020).

## 2.2 Ulat Jerman

Ulat jerman atau yang dapat disebut dengan *Zophobas morio* merupakan salah satu hasil perkembangbiakan larva kumbang hitam Awal mula pembibitan ulat jerman berasal dari negara Amerika Tengah dan Amerika Selatan. Ulat jerman memiliki ukuran tubuh yang dapat mencapai 7 kali lebih besar dibandingkan dengan ulat hongkong atau dapat berukuran sebesar >50 mm (Santoso *et al.*, 2017). Cara perkembangbiakan yang dilakukan oleh ulat jerman adalah dengan cara bertelur. Ulat jerman merupakan ulat yang sangat sensitif pada suhu karena hanya dapat bertahan hidup pada suhu yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah atau sekitar 27 C - 30 C. Besarnya suhu pada tempat perkembangbiakan ulat jerman mempengaruhi tingkat produktivitas dan kelangsungan hidup ulat jerman.



Sumber: (Rumbos & Athanassiou, 2021)

**Gambar 2. 1** Siklus Ulat Jerman

Kualitas ulat jerman dapat dilihat dari bahan makanan yang dikonsumsinya karena sangat berhubungan dengan laju pertumbuhan ulat jerman. Ulat jerman termasuk dalam hewan *fitofagus*, karena ulat jerman merupakan larva yang mengkonsumsi tumbuh-tumbuhan. Berbagai macam komponen dari tumbuhan dapat dikonsumsi oleh ulat jerman seperti, buah, akar, maupun daun. Selain mengkonsumsi tumbuhan, tepung yang berbahan baku biji-bijian juga dapat dijadikan sebagai pakan ulat jerman (Baker & Lochiavo, 1987). Dalam perkembangbiakan ulat jerman, media yang digunakan untuk perkembangbiakan maupun pakan utama disebut dengan media nutrisi (Susrama, 2017). Media nutrisi juga merupakan tempat hidup ulat jerman. Umumnya para peternak ulat jerman menggunakan media nutrisi berjenis produk hasil dari pertanian seperti pollard, padi, dan onggok. Ulat jerman memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap kebersihan media tempat tinggal yang ia miliki. Apabila tempat tinggal yang ia miliki mengandung amoniak yang tinggi sehingga menjadi penyebab tempat perkembangbiakan bakteri maka akan berpotensi menyebabkan kematian ulat.

Ulat jerman sedang banyak dibudidayakan oleh masyarakat indonesia untuk dimanfaatkan sebagai pakan hewan seperti reptil, burung, dan ikan. Ulat jerman dikatakan sebagai pakan yang aman bagi pencernaan burung dikarenakan memiliki kandungan khitin yang lebih sedikit dibandingkan ulat hongkong. Selain itu, ulat jerman juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak goreng. Selain itu, ulat jerman juga memiliki manfaat bagi beberapa sektor perindustrian yaitu pada sektor industri kosmetik dan industri farmasi yaitu sebagai bahan pembuatan kosmetik dan obat-obatan. Hal ini karena ulat jerman memiliki nilai gizi yang sangat tinggi. Kandungan gizi yang dimiliki oleh ulat jerman adalah protein (46%), lemak (42%), kalsium (173 ppm), dan serat kasar sebesar (2,60%) (Munandi, 2015). Kandungan nilai gizi yang tinggi terutama protein pada ulat jerman sangat bermanfaat sebagai antibakteri, anti jamur, serta anti kanker (Yusof *et al.*, 2017)

Selain memiliki potensi yang baik di berbagai sektor industri, ulat jerman juga memiliki potensi sebagai agen pelestarian lingkungan. Ulat jerman dapat dijadikan sebagai organisme pendegradasi plastik. Jenis plastik yang memiliki potensi untuk didegradasi oleh ulat jerman adalah polystyrene dan LDPE. Waktu

yang dibutuhkan 100 larva ulat jerman dalam melakukan pemecahan jenis polimer plastik tersebut adalah selama 33 hari seberat  $61,5 \pm 1,6$  mg dan  $58,7 \pm 1,8$  mg (Peng *et al.*, 2020).

### 2.3 Kompos

Kompos merupakan salah satu bentuk pengolahan sampah yang inovatif dan sederhana. Pembuatan kompos memiliki prinsip pemanfaatan sampah kembali sehingga mengurangi timbulan sampah disekitar kita. Kompos merupakan pupuk yang dapat terbuat dari bahan bahan organik. Penggunaan bahan organik sebagai pembuatan kompos bertujuan untuk memperbaiki struktur tanah baik struktur fisika, kimia, maupun biologi (Pereira *et al.*, 2014). Bahan pembuatan kompos dapat berupa sampah organik, daun-daunan, kotoran hewan, serta bahan lain yang dapat meningkatkan tingkat kesuburan tanah. Salah satu inovasi yang dapat digunakan menjadi bahan pembuatan kompos adalah *frass* atau kotoran Ulat Jerman (*Zophobas morio*) hasil degradasi masker sekali pakai yang menggunakan media nutrisi pollard, sampah sayuran. *Frass* ulat jerman ini dapat digunakan sebagai inovasi karena dapat mendukung pembentukan agregat dan meningkatkan permiabilitas dan porositas tanah secara alami dibandingkan dengan pupuk yang terbuat dari bahan kimia.

Proses pembuatan kompos merupakan proses pelapukan dari bahan-bahan organik yang disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme berupa bakteri penyebab pembusukan (Murbandono, 2007). Pengaturan pemberian bahan pendukung pada saat pembuatan kompos merupakan hal yang sangat penting. Pengontrolan tersebut dilakukan dengan cara memberikan bahan organik yang seimbang, air yang cukup, pengaturan aerasi, dan pemberian aktivator pengomposan (Manuputty *et al.*, 2012). Kompos dapat digunakan apabila proses pengomposan sudah selesai atau memiliki kematangan yang tepat. Parameter kematangan pada kompos diatur dalam SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik yaitu kompos memiliki warna kehitaman dan bertekstur serta berbau seperti tanah. Untuk derajat keasaman yang dimiliki oleh kompos yang sudah matang berada pada 6,80 – 7,40. Kelembapan pada kompos

maksimal sebesar 50% dan temperatur yang dimiliki kompos harus lebih besar dari 22 derajat celcius.

## 2.4 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan hasil penguraian plastik menjadi partikel plastik kecil berukuran 5  $\mu\text{m}$ . Menurut ukuran mikroplastik dibedakan menjadi dua ukuran yaitu mikroplastik besar (1-5  $\mu\text{m}$ ) dan mikroplastik kecil yaitu < 1  $\mu\text{m}$ . Pada saat yang sama, bergantung pada cara pembuangannya ke lingkungan, mikroplastik dibagi menjadi dua jenis: mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer umumnya merupakan mikroplastik yang terdapat pada industri kosmetik, karena sengaja dilepaskan ke lingkungan. Mikroplastik yang terdapat pada industri kosmetik mengandung mikroplastik yang digunakan sebagai bahan baku exfoliant yang terdapat pada pasta gigi, sabun, produk perawatan kulit, dan produk perawatan lainnya (Cordova, 2019). Sedangkan mikroplastik dengan jenis sekunder merupakan mikroplastik yang berasal dari sampah plastik yang mengalami proses pemecahan atau fragmentasi menjadi ukuran yang mikro.

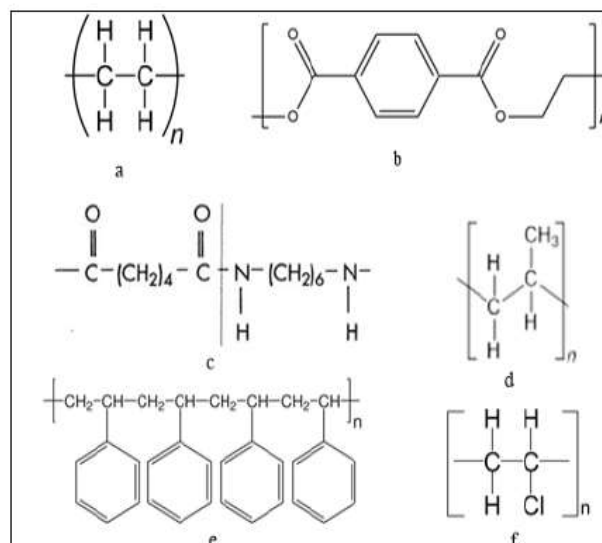
Berbagai jenis polimer plastik terkandung dalam mikroplastik. Polimer dalam mikroplastik yang banyak ditemukan di lingkungan yaitu Polyethylene (PE), Polycarbonate (PC), Acrylonitril Butadiene styrene (ABS), Polystyrene (PS), Polymethyl methacrylate (PMMA), Polyamide (PA), Polypropylene (PP), Polyethylene-terefthalat (PET) (Kristein *et al.*, 2021). Masing-masing jenis polimer plastik memiliki densitas yang berbeda-beda. Berikut penjelasan densitas dari masing-masing polimer plastik :

**Tabel 2. 1** Densitas Polimer Plastik

<b>Type Plastik</b>	<b>Densitas (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Polyethylene	0,917 – 0,965
Polypropylene	0,9 – 0,91
Polystyrene	1,04 – 1,1
polyamide (nylon)	1,02 -1,05

Type Plastik	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
Polyester	1,24 - 2,3
Acrylic	1,09 – 1,2
Polyoximethylene	1,41 – 1,61
polyvinyl alcohol	1,19 – 1,31
polyvinyl chloride	1,16 – 1,58
poly methylacrylate	1,17 -1,2
polyethylene terephthalate	1,37 – 1,45
Alkyd	1,24 – 2,1
Polyurethane	1,2

Sumber: (Hildago *et al.*, 2012)



Sumber: (Nur Faujiah *et al.*, 2022)

**Gambar 2. 2** Struktur polimer (a) PE (b) PET (c)Nylon (d) PP (e) PS (f) PVC

Mikroplastik memiliki klasifikasi yang lebih luas tergantung pada ukuran, bentuk dan warnanya. Morfologi yang memberikan dampak terbesar terhadap lingkungan adalah ukuran mikroplastik. Kemampuan mikroplastik dalam

mencemari lingkungan bergantung pada besar kecilnya rasio permukaan terhadap volume (Lusher *et al.*, 2013). Berikut merupakan klasifikasi kelompok mikroplastik menurut ukuran :





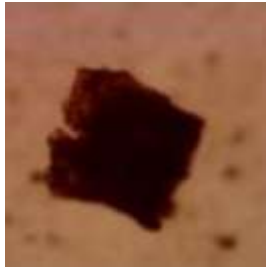
**Tabel 2. 2** Pengelompokan Mikroplastik Menurut Ukuran

Kelompok	Ukuran
1	20-40 $\mu$ m
2	40-60 $\mu$ m
3	60-80 $\mu$ m
4	80-100 $\mu$ m
5	100-500 $\mu$ m
6	500-1000 $\mu$ m
7	1000-5000 $\mu$ m

Sumber: (Nor & Obbard, 2014)

Menurut pembagian warna yang dimiliki oleh mikroplastik, terdapat beberapa jenis warna dalam mikroplastik yaitu merah, hijau, biru, hitam, coklat, kuning, dan transparan (Kingfisher, 2011). Mikroplastik yang sering ditemukan di lingkungan dalam segi bentuk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu *film*, *foam*, *pellet*, *fragmen*, dan *fiber* (Hiwari, 2019). Mikroplastik dengan jenis film dan fragmen biasanya terkandung dalam sampah plastik kemasan makanan atau kresek. Mikroplastik dengan jenis *fiber* biasanya terkandung dalam jaring-jaring ataupun alat yang digunakan pada profesi nelayan untuk menangkap ikan, serta sebagai pelapis perahu yang digunakan oleh nelayan. Mikroplastik dengan bentuk *pellet* merupakan mikroplastik primer yang diproduksi langsung oleh pabrik untuk bahan pembuatan plastik (Kingfisher, 2011). Berikut merupakan tabel dari masing-masing bentuk mikroplastik :

**Tabel 2. 3** Bentuk Mikroplastik

Klasifikasi	Nama	Gambar
Bentuk	Fiber	
	Film	
	Foam	
	Pellets	
	Fragmen	

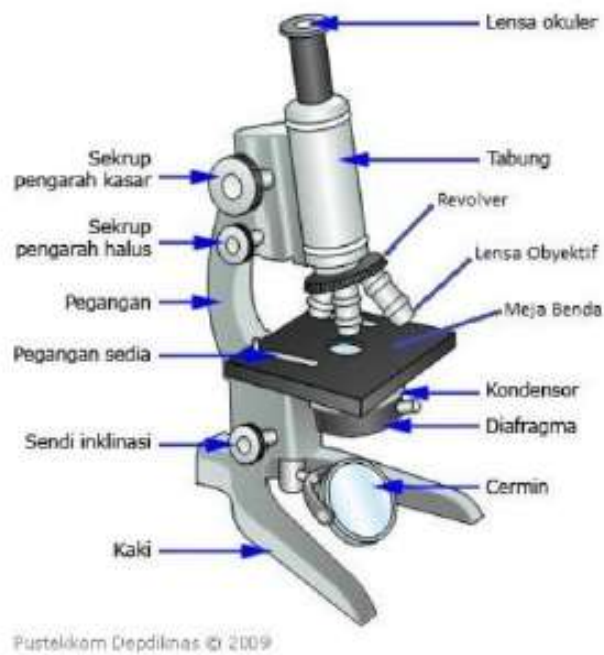
(Sumber: Hiwari Hizman *et.al.*, 2019)

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui sebaran kandungan mikroplastik di lingkungan. Beberapa instrumen yang dapat digunakan

adalah menggunakan mikroskop dan instrumen FT-IR. Alat mikroskop digunakan untuk mengetahui jenis, jumlah, dan warna mikroplastik, sedangkan FT-IR digunakan untuk mengetahui polimer yang terkandung dalam mikroplastik. Berikut penjelasan mengenai beberapa instrumen tersebut :

1. Mikroskop

Teknik mikroskopis merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengamati suatu objek yang tidak dapat terlihat secara langsung oleh mata. Mikroskop merupakan istilah dari Yunani yang memiliki arti kecil (*micro*) dan melihat (*scopein*). Terdapat 2 jenis mikroskop berdasarkan sumber cahaya, yaitu mikroskop elektron dan mikroskop cahaya. Mikroskop memiliki 2 lensa yang dapat dilakukan perbesaran yaitu lensa okuler dan lensa objektif. Lensa objektif tersusun dari lensa cembung yang berfungsi untuk memberikan perbesaran awal dan menghasilkan bayangan nyata. Sedangkan lensa okuler memiliki 2 susunan yaitu lensa kolektif dan lensa mata. Bayangan nyata yang dihasilkan oleh lensa objektif akan di transmisikan ke lensa okuler yang kemudian hasil pengamatan menggunakan lensa okuler berupa bayangan maya yang kasat mata. Kedua lensa tersebut dapat digunakan untuk melihat struktur dari objek pengamatan yang berukuran kecil (Rahman A, 2015).



Sumber: (Rahman A, 2015)

**Gambar 2. 3** Struktur Mikroskop

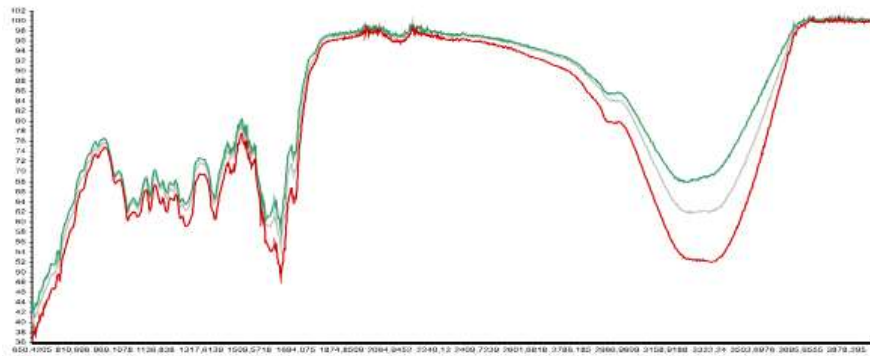
Dalam penggunaan mikroskop terdapat beberapa jenis perbesaran yang dapat digunakan, yaitu :

1. Objektiv 4x dengan okuler 10x, pembesaran 40x
2. Objektiv 10x dengan okuler 10x, pembesaran 100x
3. Objektiv 40x dengan okuler 10x, pembesaran 400x
4. Objektiv 100x dengan okuler 10x, pembesaran 1000x

## 2. FTIR

Spektrofometri Fourier Transform Infrared merupakan teknik pengujian dengan prinsip spektroskopi yang dapat digunakan untuk melakukan mendeksi struktur molekul senyawa (Martin Sulistiyani, 2018). Hasil yang dikeluarkan pada saat pengujian sampel menggunakan instrument FT-IR berupa spektrum. Spektrum inframerah yang diperoleh

merupakan informasi data yang kompleks, sehingga dapat menggambarkan sifat kimia sampel secara komprehensif. Analisis senyawa secara kuantitatif seperti kandungan karakteristik polimer sampel dan kualitatif seperti identifikasi konsentrasi analit pada sampel dapat dilakukan dengan mengacu pada spektrum yang dihasilkan saat pengujian. (Andriansyah *et al.*, 2021). Berikut merupakan contoh dari spektrum yang dihasilkan pada saat pengujian menggunakan Spektrofotometri Fourier Transform Infrared:



Sumber: (Dewa *et al.*, 2022)

**Gambar 2. 4** Spektrum Hasil FT-IR

Instrument Spektrofotometer FT-IR dapat digunakan untuk melakukan pengujian kandungan mikroplastik pada sampel karena memiliki cara kerja yang efisien dan efektif serta cara pengoperasiannya yang tidak rumit serta tidak memerlukan proses preparasi sampel yang rumit. Preparasi sampel pada saat melakukan pengujian FT-IR sangat berpengaruh pada hasil pengujian. Maka sebelum dilakukannya pengujian menggunakan FT-IR diperlukan untuk mengoptimalkan pengukuran spektrofotometri getaran dalam sampel. Spektrometer FT-IR mengandung sinar infra merah dalam spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang dari  $400\text{ cm}^{-1}$  hingga  $4000\text{ cm}^{-1}$ . Prinsip pengoperasian spektrometer FTIR adalah terjadi interaksi antara materi dan energi ketika sinar infra merah melewati celah

pada sampel untuk dapat mengontrol besarnya energi yang akan didistribusikan ke dalam sampel. Sinar infra merah tersebut akan diserap oleh sampel dan masuk ke detektor sehingga sinyal dapat dibaca dan dikirim ke layar (Tagg *et al.*, 2015).

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang meneliti keberadaan mikroplastik:

**Tabel 2. 4** Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
(Alvarez-Andrade <i>et al.</i> , 2023)	Microplastic abundance in feces of lagomorphs in relation to urbanization	Penelitian ini melakukan pengujian keberadaan mikroplastik pada tinja spesies lagomorph. Pengujian kandungan mikroplastik pada tinja lagomorph dilakukan pada spesies yang memiliki peran penting dalam jarring makanan ekosistem yaitu kelinci ekor kapas gurun, kelinci sikat, dan kelinci ekor hitam. Ditemukan sebanyak 49% mikroplastik yang berada pada sampel. Mikroplastik dengan bentuk serat ditemukan sebanyak 72% dari total mikroplastik yang ditemukan pada sampel tinja. Ukuran mikroplastik yang ditemukan sebagian besar (75 %) berukuran <1 mm. Jenis polimer mikroplastik poliamida ditemukan sebanyak 54% dan polietilen ditemukan sebanyak 27 % dari jumlah mikroplastik yang

		ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwasannya sumber mikroplastik berasal dari bahan tekstil. Penelitian ini menggunakan metode Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) reflektansi yang fi lemahkan.
(Gil-Delgado <i>et al.</i> , 2017)	Presence of plastic particles in waterbirds faeces collected in Spanish lakes	Pada penelitian ini menggunakan objek yaitu kotoran spesies burung air untuk mengetahui persebaran plastic pada lahan basah di Spanyol. Sampel yang digunakan sebanyak 89 feses Shelduck. Dari banyaknya sampel ditemukan sebanyak 43,8% kandungan mikroplastik. Jenis mikroplastik yang ditemukan dalam bentuk benang dan pecahan. Hal ini dapat diidentifikasi bahwasannya sumber cemaran sampah plastic pada unggas air di Spanyol Tengah berasal dari sisa-sisa benda plastic di lahan pertanian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode mikroskopis.
(Beriot <i>et al.</i> , 2021)	Low density-microplastics detected in sheep faeces and soil: A case study from the intensive vegetable farming in Southeast Spain	Penelitian ini melakukan pengujian kontaminasi sampah plastic oleh hewan domba dan lahan pertanian dengan menggunakan objek penelitian feses domba sebanyak 5 feses dari kelompok ternak domba yang berbeda dan 6 sampel tanah pertanian yaitu ladang sayuran di Spanyol. Ladang sayuran

		<p>yang dijadikan objek penelitian ini merupakan tempat pelepasan domba dan diinvestigasi menjadi rantai transmisi mikroplastik kedalam tubuh domba. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode mikroskop. Sebelum sampel diuji, sampel dilakukan pemisahan padatan terlebih dahulu. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel tanah pertanian berjumlah 206 partikel sedangkan pada sampel tinja ditemukan sebanyak 103 partikel mikroplastik.</p>
<p>(Senes <i>et al.</i>, 2023)</p>	<p>Microplastics in feces and pellets from yellow-legged gull (<i>Larus michahellis</i>) in the Atlantic Islands National Park of Galicia (NW Spain)</p>	<p>Penelitian ini memiliki tujuan yaitu mengidentifikasi keberadaan mikroplastik pada kotoran dan pellet yang dimuntahkan oleh burung camar berkaki kuning. Dari hasil penelitian ditemukan mikroplastik dalam 5 bentuk yaitu serat, fragmen, busa, film, dan karet. Serta warna mikroplastik yang ditemukan sebagian besar adalah warna biru. Jenis polimer mikroplastik yang ditemukan adalah polipropilen dan selulosa. Mikroplastik dalam sampel diperkirakan merupakan hasil timbunan sampah plastic tahunan yang berjumlah 32,2 juta partikel mikroplastik pada kotoran dan pellet yang dimuntahkan. Metode yang</p>

		digunakan untuk menalisis keberadaan mikroplastik pada penelitian ini adalah spektroskopi raman.
(Sun <i>et al.</i> , 2023)	Detection and quantification of various microplastics in human endometrium based on laser direct infrared spectroscopy	Pengujian paparan mikroplastik pada penelitian ini menggunakan objek penelitian yaitu endometrium pada manusia. Hal dikarenakan endometrium pada manusia memiliki peran yang penting bagi kesehatan manusia dan kesuburan wanita. Penelitian paparan mikroplastik pada sampel endometrium manusia ini dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Menggunakan metode infrared spektroskopi. Ditemukan sebanyak 13 tipe mikroplastik pada sampel, 6 dari 13 tersebut memiliki kelimpahan yang tinggi dan tingkat deteksi yang tinggi. Kelimpahan partikel tersebut berkisar 0-117partikel/100mg. 88,35% mikroplastik yang ditemukan berukuran kecil atau sekitar 20-100 $\mu$ m. Polimer polietilen banyak ditemukan pada mikroplastik dengan ukuran besar atau 100-500 $\mu$ m. Sedangkan pada mikroplastik dengan ukuran kecil banyak mengandung kopolimer asam etilen-akrikat. Pada penelitian melalui kuisioner juga ditemukan bahwasannya

		gaya minum serta kebiasaan mengunyah permen karet berkorelasi dengan paparan mikroplastik.
--	--	--

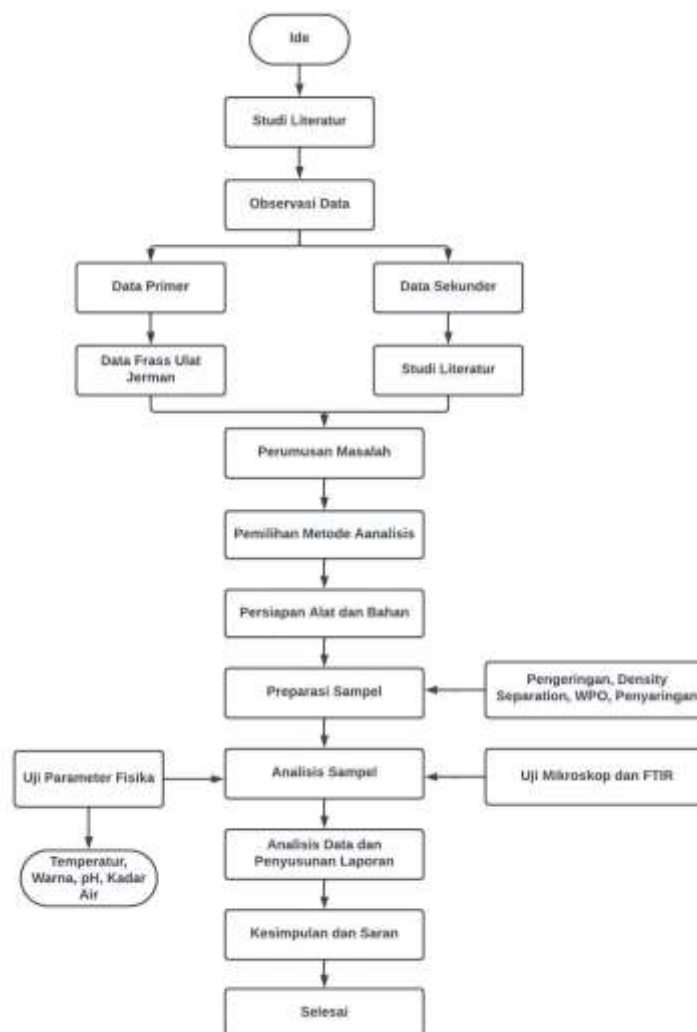
Dari beberapa penelitian terdahulu pada tabel diatas, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik pada sampel. Metode yang digunakan yaitu FT-IR, Mikroskop, dan Spektroskopi raman. Hal ini dapat menjadikan pertimbangan dalam pemilihan metode. Pada penelitian yang menggunakan metode FT-IR hasil pengujian didapatkan berupa dapat berupa jenis mikroplastik, ukuran mikroplastik, jumlah mikroplastik, jenis polimer pada mikroplastik, dan kelimpahan mikroplastik pada sampel. Pada penelitian yang menggunakan metode mikroskopis hasil yang didapatkan berupa jenis dan jumlah mikroplastik. Sedangkan penelitian yang menggunakan spektroskopi raman didapatkan hasil jenis mikroplastik dan jumlah. Dari ketiga metode tersebut, untuk mendukung penelitian kali ini digunakan gabungan metode yaitu mikroskopis dan FT-IR. Hal ini dikarenakan metode FT-IR yang memiliki sifat efisien dalam penggunaannya dan biaya serta saat proses preparasi sampel tidak rumit. Selain itu jika dilihat dari rumusan masalah yang disusun oleh penulis, penggunaan metode mikroskop dan FT-IR akan mencapai tujuan penelitian ini. Hasil dari penggunaan metode mikroskop berupa warna, jenis, dan bentuk akan digabungkan dengan hasil pembacaan FT-IR berupa senyawa kimia hasil kalibrasi.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang diperlukan dalam penelitian kandungan mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sesuai dengan diagram alir yang terdapat pada gambar 3. 1



Sumber: Olah Data Pribadi

### **Gambar 3. 1** Diagram Alir Tahapan Penelitian

#### **3.2 Waktu dan Lokasi**

Penelitian dengan Topik “ Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada Frass Ulat Jerman (*Zophobas morio*)” dilakukan dalam rentang waktu 4 bulan, terhitung dari bulan November 2023 sampai dengan bulan Februari 2024. Lokasi Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel limbah ulat jerman diambil dari hasil penelitian terdahulu. Tahapan yang dilakukan pada saat penelitian terdapat empat tahapan, yaitu tahapan persiapan, tahapan penelitian, tahapan analisis data dan tahapan penyusunan laporan.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Adapun variabel yang digunakan untuk mendukung penelitian “Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)” adalah sebagai berikut :

- Variabel Utama = Mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)
- Variabel Pendukung = Parameter Fisika pada *frass* Ulat Jerman (*Zhophobas morio*) yaitu pH, Temperatur, Kadar air, dan Warna
- Variabel Kontrol = Kompos organik hasil pengolahan TPS 3R Kenanga, Sleman

#### **3.4 Alat dan Bahan**

Terdapat berbagai alat dan bahan yang diperlukan untuk mendukung berjalannya penelitian. Alat dan bahan yang digunakan pada saat melakukan penelitian dengan topik “Identifikasi Kandungan Mikroplastik pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)” sebagai berikut :

### 3.4.1 Alat

Pengujian parameter fisika pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dilakukan sebelum sampel dilakukan pengujian kandungan mikroplastik. Berikut merupakan alat yang dibutuhkan pada saat pengujian parameter fisika :

**Tabel 3. 1** Alat Pengujian Parameter Fisika

No.	Nama Alat	Penggunaan
1	pH Meter	Pengujian parameter fisika frass Ulat Jerman (Zhopobas morio)
2	Oven	
3	Thermometer	
4	Timbangan Analitik	
5	Pengaduk Kaca	
6	Sendok Sunggu	
7	Krustang	
8	Desikator	
9	Cawan Porselen	
10	Gelas Beaker	
11	Gelas Ukur 100 ml.	

Sumber: Olah Data Pribadi

Setelah sampel dilakukan pengujian parameter fisika, maka sampel dapat dipersiapkan untuk dilakukan pengujian kandungan mikroplastik. Berikut alat yang dibutuhkan pada saat preparasi sampel dan pengujian mikroplastik :

**Tabel 3. 2** Alat Pengujian Mikroplastik

No.	Nama Alat	Penggunaan
1	Mikroskop	Preparasi sampel dan pengujian kandungan mikroplastik pada sampel
2	Spektrofotometri FT-IR	
3	Timbangan Analitik	
4	Loyang	
5	Ayakan 0,3 mm dam 1 mm	

No.	Nama Alat	Penggunaan
6	Batang Pengaduk	
7	Kertas Saring Whatman CAT No. 1821 -047	
8	Erlenmeyer	
9	Pipet Volume	
10	Magnetic Stirrer	
11	Corong Kaca	
12	Kaca Preparat	
13	Gelas Beaker	
14	Gelas Ukur	

Sumber: Olah Data Pribadi

### 3.4.2 Bahan

Berikut merupakan Bahan yang diperlukan pada saat penelitian :

#### 1) Sampel Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya terkait laju degradasi limbah masker medis menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Sampel yang akan diuji pada penelitian kali ini adalah *frass* Ulut Jerman (*Zophobas morio*) dari hasil degradasi limbah masker medis dengan berbagai variasi Umpan. Berikut merupakan penjelasan variasi umpan dari masing-masing sampel beserta berat dari masing-masing umpan :

**Tabel 3. 3** Sampel Penelitian

Kode Sampel	Konsumsi Umpan	
	Umpan	Berat
Penelitian 1 (Putri, 2023)		
P1	Pollard	40 gr
	Masker	10 gr
P2	Pollard	40 gr
	Masker	10 gr

Kode Sampel	Konsumsi Umpan	
	Umpan	Berat
P3	Pollard	40 gr
	Masker	10 gr
Penelitian 2 (Maulana, 2023)		
M4	Sayuran	40 gr
	Masker	10 gr
M5	Sayuran	40 gr
	Masker	10 gr
M6	Sayuran	40 gr
	Masker	10 gr
Penelitian 3 (Fernanda, 2023)		
R1	Pollard	45 gr
	Masker	5 gr
R2	Pollard	45 gr
	Masker	5 gr
R3	Pollard	45 gr
	Masker	5 gr
Sampel kontrol	Kompos Organik TPS3R Kenanga, Sleman	5 gr

Sumber: Olah Data Pribadi

- 2) Larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 %
- 3) Larutan NaCl jenuh
- 4) Aquadest
- 5) Larutan KCl

### 3.5 Preparasi Sampel

Pada tahap preparasi sampel terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan secara runtut yaitu pengeringan sampel, *Density Preparation*, WPO (*Wet Peroxide Oxidation*), dan Penyaringan. Tahap-Tahap preparasi sampel dilakukan dengan

tujuan agar sampel siap dilakukan tahap pengujian pada laboratorium. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing tahapan :

### 1. Pengeringan Sampel

Tahap Preparasi sampel yang pertama kali dilakukan adalah melakukan pengeringan sampel. Sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) yang digunakan pada tahap pengeringan ini memiliki berat berbeda-beda setiap reaktor tergantung jumlah sampel. Pada sampel dengan pakan masker dan *pollard* dengan kode sampel P dan R diambil sampel sebanyak 5 gr untuk dilakukan pengeringan. Sedangkan untuk sampel dengan pakan sampah sayuran dan masker diambil sebanyak 1,5 gr. Sampel yang sudah ditimbang dimasukkan ke cawan dan dimasukkan ke dalam oven. Pengeringan dilakukan selama 24 jam dengan menggunakan suhu sebesar 70°C. Setelah dilakukan pengeringan, sampel didiamkan disuhu ruang secara tertutup guna menghindari paparan mikroplastik yang terdapat pada udara. Berikut merupakan tahapan pengeringan sampel:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 2** Proses Pengeringan Sampel

### 2. *Density Separation*

Sampel *frass* Ulat Jerman yang sudah melalui pengeringan, tahap selanjutnya adalah *Density Separation* atau pemisahan densitas. Pada proses pemisahan densitas sampel yang sudah melalui proses pengeringan

dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml. Setelah itu dilakukan penambahan larutan NaCl jenuh dengan perbandingan 1 : 2. Berikut penjelasan penggunaan NaCl pada tahap *Density Separation* :

**Tabel 3. 4** Penggunaan NaCl pada Proses *Density Separation*

Kode Sampel	Berat Sampel (gr)	NaCl (gr)
P	5	10
R	5	10
M	1,5	3

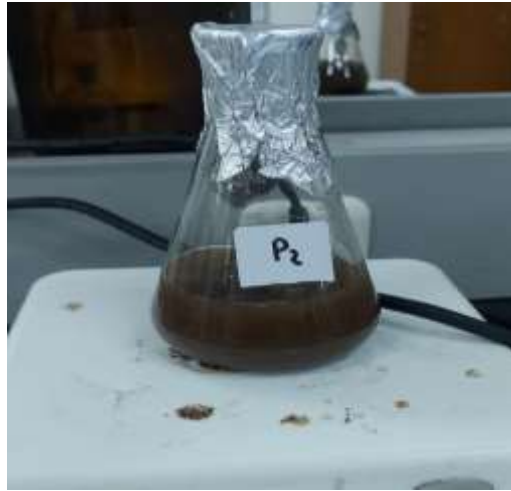
Sumber: Olah Data Pribadi

Pembuatan larutan NaCl yang digunakan pada proses ini yaitu NaCl yang sudah ditimbang dilarutkan menggunakan aquadest sebanyak 150 ml. Proses *Density Separation* bertujuan agar mikroplastik dalam *frass* ulat tersebut terpisahkan. Sampel yang sudah dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml ditambahkan larutan NaCl jenuh yang sudah disiapkan kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *Jar Test*. Proses pengadukan dilakukan dengan kurun waktu 45 Menit dan dibiarkan selama 24 jam hingga terjadi proses pengendapan sebelum kemudian akan dilakukan proses *Wet Peroxide Oxidation*.



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 3** Penggunaan NaCl



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 4** Proses Density Preparation Sampel P2 dengan NaCl

### 3. *Wet Peroxide Oxidation (WPO)*

Pada tahap ini mengacu pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Ling Ding *et al.*, 2019). WPO merupakan salah satu metode digesting dengan tujuan agar dapat mengeliminasi bahan-bahan organik yang terkandung dalam sampel. Pada saat proses WPO, bahan yang diperlukan adalah  $\text{H}_2\text{O}_2$  30%. Sampel yang sudah melalui proses Density Preparation dan didiamkan selama 24 ditambahkan larutan *Hidrogen peroksida* ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dengan konsentrasi 30% sebanyak 20 ml dengan pembuatan larutan yaitu menggunakan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak 1,2 ml dilarutkan pada aquadest sebanyak 8 ml. Kemudian sampel diletakkan pada *Hot plate* dan *Magnetic Stirrer* dengan suhu  $65^\circ\text{C}$  selama 24 jam dengan kecepatan pengadukan 50 rpm dengan tujuan agar sampel tidak menumpuk saat dilakukan pengujian mikroskopis. Berikut merupakan dokumentasi proses WPO:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 5** Proses *Wet Peroxide Oxidation* Sampel (WPO)

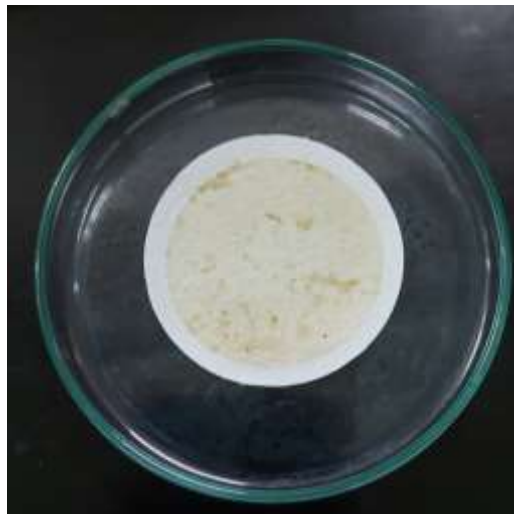
#### 4. Penyaringan

Tahap terakhir dalam preparasi sampel agar sampel siap untuk dilakukan pengujian adalah penyaringan. Pada tahap ini merupakan proses penyaringan mikroplastik. Bahan yang diperlukan pada tahap penyaringan ini yaitu kertas saring dengan spesifikasi *Glass Micro Fiber (GF/B)* Whatman CAT No. 1821-047. Mekanisme pada saat proses penyaringan ini adalah sampel yang sudah diletakkan pada kertas saring akan disedot dengan alat bantu *vacuum*. Setelah proses vacuum selesai dilakukan pembilasan pada mulut vacuum dengan aquadest guna menghindari adanya sampel yang tertinggal pada mulut vacuum. Sampel yang telah tersaring diletakkan di cawan petri untuk didiamkan dan dikeringkan. Setelah tahap ini selesai sampel siap dilakukan pengamatan mikroskop untuk mengetahui kandungan mikroplastik dalam sampel. Berikut merupakan dokumentasi proses penyaringan sampel pada saat penelitian:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 6** Proses Penyaringan Sampel Menggunakan *Vacuum*



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 7** Hasil Penyaringan Sampel pada Kertas Saring

### **3.6 Analisis Sampel**

#### 1) Mikroskop

Tujuan dari pengujian mikroskop adalah untuk mengamati kandungan berupa jumlah, jenis, dan warna mikroplastik. yang terkandung dalam sampel. Sampel yang sudah melalui tahap preparasi sampel

ditempatkan pada kaca preparat. Setelah itu perbesaran pada mikroskop dapat diatur sesuai dengan kebutuhan agar kandungan mikroplastik dalam sampel dapat terlihat. Perbesaran mikroskop dapat diatur mulai dari 4x, 10x, 40x, hingga 100x. Untuk memudahkan analisis pada sampel, dilakukan pembagian kertas saring menjadi 4 kuadran yang digambar menggunakan pensil. Hal tersebut berguna agar memudahkan pada saat proses. Pembacaan polimer menggunakan FT-IR. Berikut merupakan dokumentasi proses analisis menggunakan mikroskop pada saat penelitian:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 8** Tahapan Analisis Menggunakan Mikroskop

## 2) Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Pengujian menggunakan FTIR dilakukan dengan meletakkan sampel pada sampel compartment. Setelah itu dilakukan pemutaran detektor hingga detektor menyentuh sampel pada kuadran terpilih. Sampel yang terletak pada FTIR akan dilakukan pembacaan oleh sinar inframerah. Cahaya yang dipantulkan akan menuju ke detektor untuk pengukuran akhir dan konversi cahaya menjadi sinyal listrik yang dapat direkam oleh alat perekam. Hasil pengukuran FTIR dapat disajikan dalam bentuk histogram intensitas dan *hitlist* skor kemiripan dari polimer yang terbaca. Pengamatan menggunakan FTIR memiliki tujuan untuk mengetahui adanya kandungan

unsur kimia pada mikroplastik. Alat ini memiliki prinsip yaitu melakukan identifikasi dan analisis dari spektrum yang dikeluarkan dari hasil transformasi fourier yang dimiliki spektroskopi inframerah pada alat FTIR. Berikut merupakan dokumentasi proses pembacaan polimer menggunakan FT-IR pada saat penelitian:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 9** Tahapan Analisis Kandungan Polimer dengan Spektrofotometer FT-IR

### 3.7 Prosedur Analisis Data

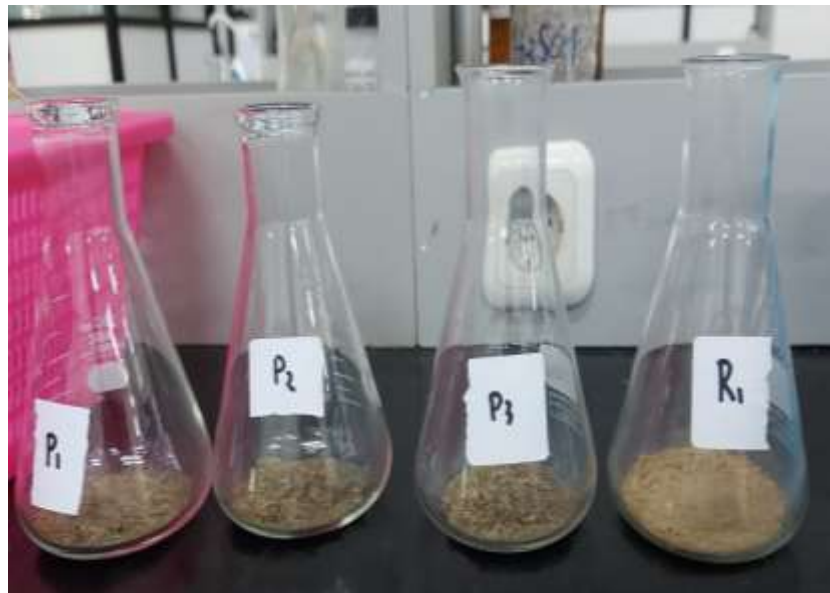
#### 3.7.1 Analisis Data Pengujian Parameter Fisika

Parameter fisika yang diuji pada sampel adalah warna, kadar air, temperature dan pH. Berikut penjelasan analisis data pengujian parameter fisika pada sampel :

##### 1) Warna

Salah satu parameter fisik yang menjadi kunci dari kualitas kompos adalah warna. Warna yang dihasilkan dari kompos *frass* ulat menunjukkan kematangan kompos tersebut. Analisis warna pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dilakukan dengan metode organoleptik yaitu mata (Mokodompis *et al.*, 2018). Warna *frass* ulat yang dihasilkan akan dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 mengenai Spesifikasi Kompos

dari Sampah Organik Domestik. Dalam SNI 19-7030-2004 disebutkan karakteristik kompos yang sudah berada pada tahap matang adalah berwarna kehitaman. Berikut hasil pengamatan warna dari sampel:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 10** Hasil Pengamatan Warna pada Sampel

## 2) Kadar Air

Kadar air merupakan zat yang sangat mempengaruhi proses pengomposan. Oleh karena itu diperlukan pengujian kadar air untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam *frass* ulat sesuai dengan perhitungan pada ISBN 978-602-8039-21-5 tentang Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk.

Proses awal pengukuran kadar air pada sampel *frass* ulat dapat dilakukan dengan cara pengeringan cawan porslen menggunakan oven dengan suhu 105-110°C selama 3 jam. Pengeringan cawan tersebut bertujuan agar memastikan tidak ada kadar air yang terkandung dalam cawan. Kemudian cawan yang sudah dikeringkan dilakukan pendinginan pada desikator hingga suhu cawan sesuai dengan suhu ruang selama 15 menit. Setelah itu berat cawan ditimbang menggunakan timbangan analitik

kemudian hasil berat cawan dicatat sebagai berat cawan awal. Proses selanjutnya yaitu penimbangan sampel sebanyak 1 gram dan dimasukkan kedalam cawan porslen yang sudah dikeringkan dan ditimbang. Sampel yang terdapat pada cawan porslen di masukkan kedalam desikator untuk melalui proses pendinginan hingga suhu ruang. Kemudian sampel *frass* ulat yang sudah sesuai dengan suhu ruang ditimbang kembali untuk dicatat perubahan berat dari sampel tersebut. Setelah itu dapat dilakukan perhitungan kadar air pada sampel. Berikut rumus analisis kadar air pada *frass* ulat:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(W - W1)}{W} \times 100$$

Keterangan =

W = Berat sampel awal (gr)

W1 = Berat sampel setelah pengeringan (gr)

100 = Faktor Konversi %

### 3) Derajat Keasaman

Proses analisis pH pada kompos dilakukan karena pH memiliki pengaruh pada efisiensi kelangsungan mikroorganismenya pada *frass* ulat. Apabila kompos memiliki pH yang cenderung asam ataupun basa, maka akan mengalami proses yang cenderung lambat dan kualitas kompos akan menurun. Proses analisis pH mengacu pada buku petunjuk teknis analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk edisi ke 3 ISBN 978-602-8039-49-9 tentang Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk.

Proses yang diperlukan untuk menganalisis pH pada kompos adalah sampel sebanyak 1 gram ditimbang dan dimasukkan kedalam gelas beaker 100 ml. Kemudian dilakukan penambahan aquadest sebanyak 50 ml untuk pengukuran pH H<sub>2</sub>O. Sampel diaduk supaya homogen dengan mesin pengocok selama 30 menit. Langkah selanjutnya yaitu pengukuran pH Potensial menggunakan larutan KCl. Pembuatan larutan KCl dilakukan dengan melarutkan 18 gram KCl dengan air bebas ion sebanyak 250 ml.

Setelah larutan KCl dibuat, proses yang sama dilakukan yaitu dengan menuangkan sampel sebanyak 1 gram kedalam gelas beaker 100 ml. sampel yang sudah dimasukkan kedalam gelas beaker ditambahkan larutan KCl yang sudah dibuat sebanyak 50 ml. Kemudian sampel di homogenkan dengan mesin pengocok selama 30 menit.

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter pada sampel yang sudah homogen. Sebelum pH meter digunakan, dilakukan proses kalibrasi menggunakan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0. Hal ini bertujuan agar dapat mengetahui bahwasannya pH meter dapat berfungsi dengan baik. Kemudian hasil dari pengukuran tersebut dicatat. Berikut merupakan hasil pembacaan derajat keasaman menggunakan pH meter:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 11** Hasil Derajat Keasaman yang Terbaca pada pH Meter

#### 4) Temperatur

Pertumbuhan organisme dalam kompos dipengaruhi oleh temperatur. Oleh karena itu temperatur juga berpengaruh pada laju penguraian suatu mikroorganisme. Syarat suhu yang dimiliki oleh kompos telah diatur dalam SNI 19-7030-2004 yaitu sebesar  $<30^{\circ}\text{C}$  berdasarkan suhu air tanah. Cara kerja pengujian suhu pada frass ulat dilakukan dengan cara peletakan *thermometer* pada sampel yang sudah disiapkan dan dicatat

perubahan suhu yang terjadi. Berikut dokumentasi pengukuran suhu pada sampel:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 3. 12** Tahapan Pengukuran Parameter Fisik pada Sampel

### 3.7.2 Analisis Data Metode Pengujian Mikroplastik

#### 1) Mikroskop

Analisis data yang dilakukan dengan mikroskop dapat dilakukan dengan cara menganalisis kelimpahan dan presentase jenis serta warna dari mikroplastik pada sampel. Perhitungan mikroplastik pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dapat menggunakan sampel sebanyak 100 gram yang sudah melewati proses pengeringan sebagai perwakilan sampel. Ragam warna yang dimiliki oleh mikroplastik adalah biru, merah, hijau, dan transparan. Berikut adalah rumus untuk mengetahui presentase jenis dan warna dari mikroplastik yang terdapat pada sampel :

$$Presentase(\%) = \frac{\text{Jumlah Partikel Jenis atau Warna (Partikel)}}{\text{Jumlah Keseluruhan Partikel Jenis atau Warna (Partikel)}} \times 100\%$$

Penggunaan rumus perhitungan kelimpahan mikroplastik pada sampel mengacu pada rumus perhitungan kelimpahan mikroplastik pada

penelitian yang dilakukan oleh C.M Boerger *et al.*, (2010) tentang kelimpahan mikroplastik pada bivalvia. Rumus untuk menghitung kelimpahan mikroplastik pada sampel *frass* ulat Jerman (*Zophobas morio*) adalah sebagai berikut :

$$\text{Kelimpahan} = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik per Sampel (Partikel)}}{\text{Berat Frass Kering (gr)}}$$

Brikut rumus untuk menghitung Jumlah mikroplastik pada sampel *frass* ulat Jerman (*Zophobas morio*) adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah MPs} \left( \frac{\text{item}}{\text{gr}} \right) = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik per Sampel (Item)}}{\text{Berat Frass (gr)}}$$

## 2) FTIR

Analisis data menggunakan alat FTIR memiliki cara kerja yaitu melakukan pengukuran intensitas inframerah pada sampel yang telah diobservasi pada kertas saring. Pengukuran inframerah ini dilakukan oleh alat FTIR pada panjang gelombang yang terbaca pada alat FTIR. Data yang dapat dihasilkan oleh alat FTIR pada saat pembacaan terhadap gelombang yaitu berupa struktur molekul, presentase kemiripan sampel dengan gugus fungsi kimia dan lain-lain baik berupa grafik maupun gugus fungsi kimia. Setelah selesai proses analisis menggunakan FTIR maka tahap selanjutnya yaitu mengolah data yang didapatkan. Data yang diolah nantinya disajikan dalam bentuk grafik, tabel menurut kode sampel yang diuji. Pengolahan data dilakukan dengan cara data yang didapatkan pada analisis mikroskop berupa warna, jenis, dan bentuk mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) digabungkan dengan data pembacaan alat FTIR yaitu berupa senyawa kimia.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN




#### 4.1 Deskripsi Sampel

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya yaitu terkait biodegradasi limbah masker medis menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Penelitian biodegradasi limbah masker medis menggunakan ulat jerman (*Zophobas morio*) bertujuan untuk mengurangi timbulan limbah masker medis. Proses biodegradasi tersebut dilakukan selama 30 hari. Hasil *frass* dari proses biodegradasi limbah masker medis menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dapat dijadikan sebagai kompos organik sehingga perlu dilakukan identifikasi terkait kandungan mikroplastik pada *frass* tersebut sebelum *frass* tersebut dapat diaplikasikan sebagai kompos.

Sampel yang digunakan pada penelitian lanjutan kali ini dengan judul “Analisis Mikroplastik pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)” merupakan *frass* ulat jerman dari hasil biodegradasi masker medis yang diambil pada hari ke-25 pembuatan sampel yang diambil dari penelitaian sebelumnya. Sampel terdiri dari beberapa reaktor yang memiliki perbedaan jenis dan berat umpan yang diberikan pada saat pembuatan sampel. Reaktor tersebut terdiri dari reaktor P, reaktor R, dan reaktor M. Reaktor P dan R memiliki umpan yang sama pada saat proses pembuatannya, yang membedakan hanya berat umpan yang diberikan. Reaktor P merupakan hasil pembuatan sampel yang diberi umpan *pollard* dengan berat 40 gr dan masker medis dengan berat 10 gr. Sedangkan untuk reaktor R umpan yang yang diberikan adalah *pollard* dengan berat 45 gr dan masker medis sebanyak 5 gr. Berbeda dengan reaktor P dan R, Untuk reaktor M merupakan sampel yang diberi

pakan sayuran dengan berat 40 gr dan masker medis sebanyak 10 gr. Berikut merupakan tabel penjelasan umpan dari masing-masing reaktor:

**Tabel 4. 1** Konsumsi Umpan pada Sampel Frass Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Kode Sampel	Konsumsi Umpan	Gambar
P1	<i>Pollard</i> 40 gr + masker medis 10 gr	
P2		
P3		
Sumber: (Putri, 2023)		
R1	<i>Pollard</i> 45 gr + masker medis 5 gr	
R2		
R3		
Sumber: (Fernanda, 2023)		
M4	Sayuran 40 gr + masker medis 10 gr	
M5		
M6		
Sumber: (Maulana, 2023)		

Sumber: Olah Data Pribadi

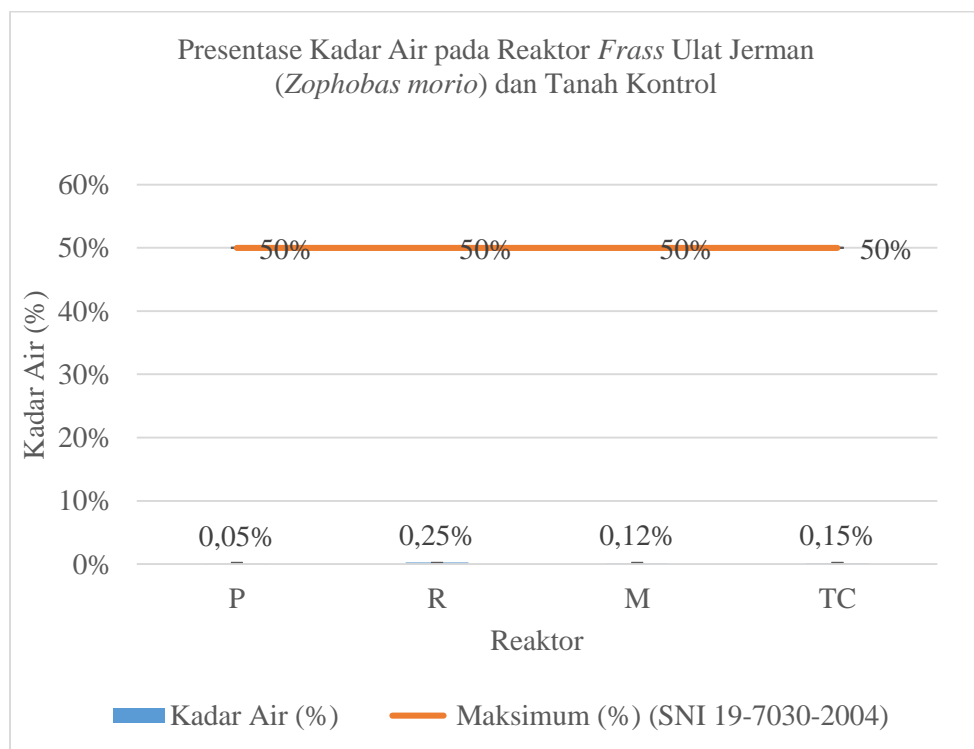
Selain menggunakan sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*), pada penelitian kali ini juga menggunakan tanah kontrol yaitu tanah kompos organik yang berasal dari TPS 3R Kenanga, Sleman. Tanah kontrol digunakan sebagai pembandingan terhadap sampel. Penggunaan tanah kompos organik sebagai tanah kontrol bertujuan agar nantinya dapat diambil kesimpulan terkait keputusan penggunaan *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sebagai tanah kompos.

## 4.2 Parameter Fisik

Parameter fisik pada kompos merupakan parameter yang dapat menunjukkan kualitas dan kematangan pada kompos. Selain itu parameter fisik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) juga mempengaruhi proses biodegradasi yang juga berpengaruh pada kelimpahan mikroplastik pada sampel. Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian beberapa parameter fisik pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan tanah kompos sebagai tanah kontrol yaitu warna, kadar air, suhu, dan pH. Berikut merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian parameter fisik :

### 4.2.1 Kadar Air

Hasil data kadar air pada kompos *frass* Ulat Jerman yang diperoleh pada saat pengujian adalah sebagai berikut :



**Gambar 4. 1** Presentase Kadar Air pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Sumber: Olah Data Pribadi

Pada tabel diatas menunjukkan, didapatkan hasil presentase kadar air yang berbeda pada setiap reaktor. Dalam SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik disebutkan bahwasannya kadar air yang diperbolehkan terkandung dalam kompos maksimal sebesar 50%. Hasil pengujian menunjukkan masing-masing sampel memiliki kadar air yang cenderung rendah yaitu dibawah 1%. Kompos yang dihasilkan dari *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pendegradasi masker medis sesuai dengan baku mutu yang telah di tetapkan dalam SNI 19-7030-2004. Kadar air yang paling rendah dimiliki oleh reaktor P dengan variasi pakan *pollard* 45 gr dan masker sebanyak 5 gr yaitu dengan kadar air dibawah 0,1%. Variasi pemberian pakan pada larva akan mempengaruhi kompos yang dihasilkan. Bahan baku pakan yang diberikan cenderung kering akan membuat larva kekurangan kebutuhan air. Rendahnya kadar air yang terkandung pada sampel pengujian juga dipengaruhi oleh lama waktu dan cara penyimpanan sampel. Lamanya penyimpanan sampel dengan sirkulasi udara yang kurang menyebabkan kondisi kelembapan udara yang tinggi sehingga akan menyebabkan penurunan kadar air. Rendahnya kadar air pada kompos menunjukkan penurunan aktivitas mikroorganisme dan penurunan kulaitas kompos (Wahyono *et al.*, 2010).

Perbedaan presentase kadar air yang dimiliki pada masing-masing reaktor dipengaruhi oleh pakan yang diberikan pada ulat serta kondisi cuaca lingkungan pada sekitar reaktor. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Raraningsih, (2017) menyebutkan bahwasannya kompos yang dihasilkan oleh ulat jerman dengan variasi pakan sayuran yang difermentasi dengan MOL bonggol pisang memiliki kadar air yang melebihi standart baku mutu SNI 19-7030-2004 yaitu sebesar 59,4%. Pemberian MOL bonggol pisang bertujuan untuk meningkatkan kadar air dari variasi pakan yang terlalu kering. Kompos yang memiliki kadar air diatas 50% akan berpotensi menjadi tempat perkembangbiakan jamur yang akan mempengaruhi keseimbangan kompos. Selain disajikan dalam bentuk grafik, presentase perhitungan kadar air pada setiap reaktor di sajikan dalam bentuk tabel berikut :

**Tabel 4. 2** Presentase Kadar Air Tiap Reaktor *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Reaktor	Kadar Air (%)	Maksimum (%) (SNI 19-7030-2004)
P	0,05±0,0029	50
R	0,25±0,0229	
M	0,12±0,0166	
TC	0,15	

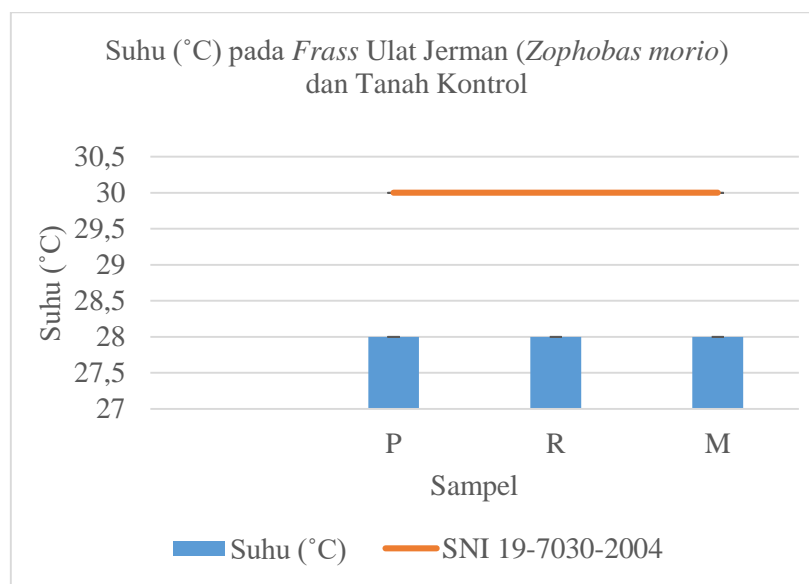
Sumber: Olah Data Pribadi

Dari tabel diatas, ketiga reaktor memiliki kandungan kadar air rata-rata dibawah 1%. Presentase kandungan kadar air paling rendah dimiliki oleh reaktor P dengan presentase kandungan kadar air sebesar 0,05%. Sedangkan presentase kandungan kadar air paling tinggi dimiliki oleh reaktor R dengan presentase 0,25%. Maka dapat disimpulkan bahwasannya kadar air yang terkandung dalam masing-masing reaktor tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam SNI 19-7030-2004 tentang tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik yaitu maksimum kandungan kadar air sebesar 50%. Apabila kadar air pada kompos terlalu rendah, maka kualitas kompos menurun karena aktivitas organisme yang terdapat dalam kompos tidak maksimal. Kadar air juga memiliki efek yang tidak langsung pada saat proses pengomposan, besarnya kadar air akan mempengaruhi jumlah kompos yang digunakan karena berpengaruh pada berat kompos (Soekirman, 2005).

Tinggi atau rendahnya kadar air pada kompos dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dan aktivitas larva pada reaktor. Besarnya aktivitas ulat yang menimbulkan energi panas akan menyebabkan kompos yang dihasilkan memiliki kadar air yang cenderung rendah karena terjadi proses penguapan dari panas yang dihasilkan tersebut. Kadar air juga memiliki peran yang penting pada proses biodegradasi limbah plastik yang melibatkan mikroorganisme. Besarnya kadar air akan meningkatkan tumbuh kembang mikroorganisme, yang akan menyebabkan proses biodegradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme lebih cepat (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

#### 4.2.3 Temperatur

Pengujian temperatur pada kompos dilakukan menggunakan alat Thermometer. Tinggi atau rendahnya temperatur yang dimiliki oleh frass ulat merupakan indikator kematangan kompos yang dihasilkan (Wahyono *et al.*, 2010). Data yang didapatkan dari hasil pengujian temperatur pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pendegradasi limbah masker medis adalah sebagai berikut:



**Gambar 4. 2** Hasil Pengukuran Suhu pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol.

Dari diagram menunjukkan bahwa temperature yang dimiliki oleh *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) berada pada suhu 28°C. Data yang didapatkan sesuai dengan standar baku mutu temperatur pada kompos yang tercantum pada SNI 19-7030-2004 yaitu sesuai dengan suhu air tanah atau <30 °C. Terdapat beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi temperatur suatu kompos yaitu kadar air, temperatur udara, dan sirkulasi udara. Temperatur udara pada saat pengujian sangat berpengaruh dengan hasil pengujian temperature *frass* ulat. Temperatur pada saat proses pengomposan akan mengalami kenaikan, yang dimana akan menunjukkan kematangan suatu kompos. Apabila suhu yang dimiliki kompos terlalu tinggi maka akan mempengaruhi stamina dari makroorganisme sehingga proses pengomposan akan tidak sempurna ataupun terhenti yang berakibat menurunnya kualitas kompos

yang dihasilkan. Tujuan dari pembuatan kompos adalah untuk memperbaiki kualitas lingkungan, sehingga apabila kompos yang digunakan memiliki kualitas yang buruk, maka efisiensi dari penggunaan kompos tersebut akan berkurang. Berikut merupakan hasil pengukuran suhu pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) yang disajikan dalam bentuk tabel :

**Tabel 4. 3** Hasil Pengukuran Suhu pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Sampel	Suhu (°C)	SNI 19-7030-2004 (Maksimum)(°C)
P	28	30
R	28	
M	28	
TC	28	

Sumber: Olah Data Pribadi

Suhu akan berpengaruh pada laju biodegradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme dapat melakukan degradasi terhadap plastik dengan kandungan *polietilen* yang terkandung dalam tanah dengan keadaan temperature yang tinggi. Peningkatan kualitas mikroorganisme pada proses biodegradasi limbah plastik akan terjadi apabila keadaan suhu cenderung tinggi sehingga dapat mempercepat laju degradasi (Dian *et al.*, 2013). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Skariyachan (2017). Bakteri dapat berkembang biak pada keadaan termofilik yaitu 55 derajat celcius. Pada keadaan tersebut, bakteri dapat melakukan proses biodegradasi serbuk LDPE dan HDPE. Sebanyak 8,14% bakteri mampu mendegradasi serbuk HDPE dan 7,13 % bakteri mampu mendegradasi LDPE.

#### 4.2.4 Warna

Dari hasil pengamatan yang dilakukan terkait warna *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) yang diambil pada hari ke 25 proses biodegradasi dan tanah kontrol, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4. 4** Hasil Pengamatan Warna pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Sampel	Warna	SNI 19-7030-2004
P	Coklat Muda	Kehitaman
R	Coklat Muda	
M	Coklat Tua	
TC	Kehitaman	

Sumber: Olah Data Pribadi

Dari tabel diatas di dapatkan hasil yaitu untuk sampel P dan R dengan pakan *pollard* dan masker memiliki warna coklat muda, sedangkan untuk sampel M dengan pakan sayuran dan masker memiliki warna coklat tua kehijauan. Berbeda dengan warna yang dimiliki oleh tanah kontrol atau tanah kompos organik yang diambil dari hasil TPS 3R Kenanga, Sleman memiliki warna kehitaman. Jika dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik, warna yang dimiliki oleh *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dari masing-masing reaktor belum memenuhi standar baku mutu yang disebutkan yaitu kehitaman. Sedangkan, warna yang dihasilkan tanah kompos organik yang dihasilkan oleh TPS 3R Kenanga, Sleman sebagai tanah kontrol sudah sesuai dengan baku mutu SNI 19-7030-2004.

Warna pada kompos menunjukkan kematangan pada kompos. Warna yang dihasilkan kompos *frass* Ulat Jerman bergantung pada media nutrisi yang diberikan. Hal ini berkaitan dengan bahan organik yang terkandung dalam kompos mempengaruhi warna kompos. Kestabilan bahan organik yang terkandung dalam kompos akan memperlancar proses kematangan suatu kompos sehingga dapat memberikan warna kehitaman pada kompos. Kompos yang matang akan memiliki kualitas yang lebih baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi warna pada kompos adalah temperatur, kadar air, bahan organik yang terkandung, serta variasi bahan baku penggunaan kompos. Pada pengujian kadar air, kandungan kadar air pada masing-masing sampel cenderung rendah, hal ini memberikan pengaruh terhadap warna kompos yang dihasilkan (Setyaningsih *et al.*, 2017).

#### 4.2.5 pH

Salah satu parameter penting yang menjadi indikator kualitas kompos adalah pH atau derajat keasaman. Pada penelitian kali ini pengukuran pH dilakukan

dengan menggunakan alat berupa pH meter. Pengujian pH pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) ini dilakukan karena pH merupakan parameter pendukung yang mempengaruhi proses biodegradasi dan proses pematangan tanah kompos.

Pengujian pH dilakukan secara duplo dari masing-masing sampel. Pengujian derajat keasaman secara duplo tersebut merupakan pengujian dengan menggunakan dua jenis pH yaitu pH aktual dan pH potensial. Pengukuran pH aktual memiliki hasil nilai derajat keasaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan pH potensial. pH aktual dilakukan dengan cara mengukur pH dari tanah kompos atau *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) yang dilarutkan dengan larutan aquadest dengan prinsip pendeteksi kandungan ion H<sup>+</sup>. Sedangkan pengukuran pH potensial merupakan pengujian pH menggunakan larutan KCl. Penggunaan larutan KCl bertujuan untuk mendeteksi banyaknya kandungan ion H<sup>+</sup> dan kompleks pertukaran ion (Handayani & Karnilawati, 2018). Data pengukuran pH juga disajikan berdasarkan reaktor dalam bentuk tabel berikut :

**Tabel 4. 5** Hasil Presentase Derajat Keasaman (pH) pada Tiap Reaktor *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Reaktor	pH Kcl (Potensial)	pH Aquadest (Aktual)
P	7,13 ± 0,15	7,37 ± 0,08
R	6,98 ± 0,12	7,41 ± 0,07
M	6,87 ± 0,03	7,06 ± 0,12
TC	6,8	7,29

Sumber: Olah Data Pribadi

Hasil pengukuran derajat keasaman pada *frass* Ulat Jerman didapatkan hasil nilai pH aktual yang lebih tinggi dibandingkan nilai pH potensial pada semua sampel termasuk tanah kontrol. Jika dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik hasil pengukuran pH baik pH aktual maupun pH potensial pada semua sampel berada pada standart baku mutu yaitu berada diantara 6,8-7,49. Derajat keasaman pada suatu tanah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Salah satu kondisi yang paling mempengaruhi adalah curah hujan. Tanah yang berasal dari daerah dengan curah hujan yang tinggi akan memiliki pH yang cenderung asam. pH merupakan parameter yang penting

terhadap kompos karena pH tanah kompos merupakan parameter yang penting untuk laju pertumbuhan tanaman. Semakin asam sifat tanah kompos maka semakin kecil efisiensi penggunaan kompos pada pertumbuhan tanaman karena akan berpotensi bersifat racun bagi tanaman. Begitupun sebaliknya, apabila derajat keasaman kompos semakin tinggi maka tanah kompos akan bersifat basa dan mengandung kapur (Tan, 1998). Derajat keasaman pada tanah juga merupakan faktor pendukung pertumbuhan mikroorganisme yang terkandung pada tanah. Bakteri baik yang bermanfaat pada tanah hanya hidup pada derajat keasaman 5,5 atau lebih, pada pH dibawah itu pertumbuhan bakteri terhambat.

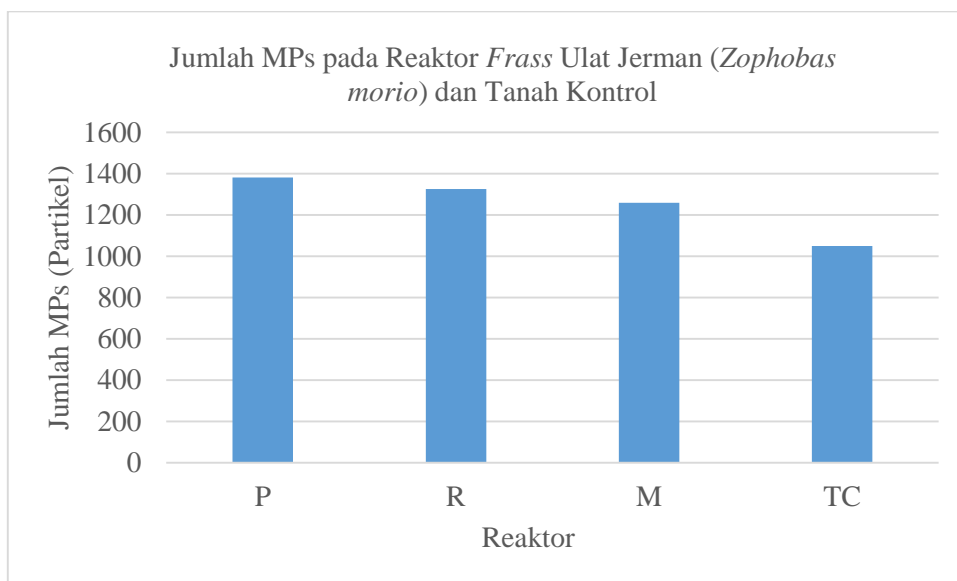
Salah satu faktor yang mempengaruhi laju proses biodegradasi limbah plastic adalah parameter derajat keasaman atau pH. Semakin tinggi pH pada tanah, maka laju degradasi pada limbah plastik juga semakin cepat. Mikroorganisme dapat berkembang biak secara sempurna dan memiliki stamina yang baik dalam melakukan degradasi pada saat pH optimum. Sehingga apabila mikroorganisme dapat berkembang biak dengan baik, laju degradasi limbah plastik yang dilakukan oleh mikroorganisme tersebut juga akan semakin besar. Apabila laju biodegradasi limbah plastik memiliki presentase yang besar, maka kelimpahan jumlah mikroplastik dari hasil proses biodegradasi tersebut juga memiliki kelimpahan yang besar (Dian *et al.*, 2013).

#### **4.3 Hasil Identifikasi kandungan Mikroplastik**

Pengujian kandungan mikroplastik dilakukan dengan cara mengamati kertas saring menggunakan mikroskop. Kertas saring yang digunakan yaitu dengan tipe Glass Micro Fiber (GF/B) Whatman CAT No.1821-047 dan mikroskop yang digunakan yaitu jenis Mikroskop Binocular XSZ-107BN. Kertas saring tersebut merupakan hasil dari proses penyaringan sampel yang sebelumnya sudah dilakukan tahap preparasi sampel. Untuk memudahkan analisis kandungan mikroplastik pada sampel maka dilakukan dengan membagi kertas saring menjadi 4 kuadran. Analisis mikroplastik dilakukan dengan mengamati jumlah, jenis, warna, dan kelimpahan mikroplastik.

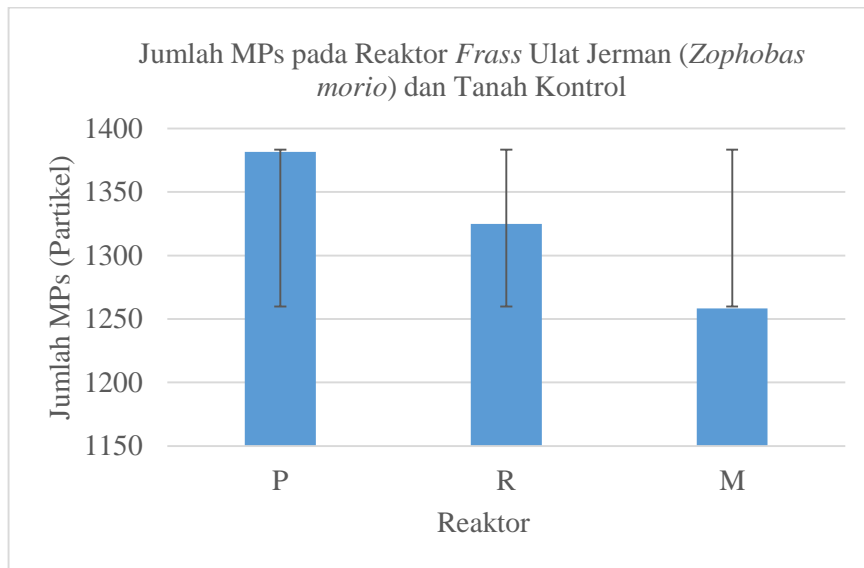
### 4.3.1 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah.

Pengamatan jumlah mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4x, 10x, dan 40x. Penggunaan perbesaran disesuaikan dengan besar atau kecilnya mikroplastik yang terdapat pada sampel. Setelah melalui pengamatan mikroskop maka kita dapat mengetahui jumlah mikroplastik yang terdapat pada masing-masing sampel. Hasil pengamatan jumlah mikroplastik pada masing-masing disajikan pada gambar berikut :



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 3** MPs pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol Berdasarkan Jumlah



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 4** MPs pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan sampel tanah kontrol yaitu kompos organik yang diambil dari TPS 3R Kenanga, Sleman, diperoleh jumlah mikroplastik pada masing-masing sampel yang terdapat pada **Gambar 4.3**. Pada grafik diatas diketahui bahwa jumlah mikroplastik pada masing-masing sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) lebih banyak dibandingkan jumlah mikroplastik pada tanah kompos organik TPS3R Kenanga, Sleman yang digunakan sebagai tanah kontrol. Jumlah mikroplastik terbanyak ditemukan pada sampel P dengan variasi pakan *pollard* sebanyak 40 gram dan limbah masker medis sebanyak 10 gram yaitu memiliki jumlah mikroplastik sebanyak 1382 partikel/5 gram *frass* kering. Sedangkan pada reaktor R dengan variasi pakan yang sama dengan berat yang berbeda yaitu *pollard* sebanyak 45 gram dan limbah masker medis sebanyak 5 gram ditemukan jumlah mikroplastik sebanyak 1325 partikel/5 gram *frass* kering. Banyaknya jumlah mikroplastik pada reaktor P dibanding reaktor R disebabkan oleh berat masker medis yang diberikan pada reaktor P lebih banyak dibandingkan dengan reaktor R.

**Tabel 4. 6** Jumlah Mikroplastik pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Sampel	Jumlah MPs	Berat Sampel (gr)
P	1382	5
R	1325	5
M	1258	1,5
TC	1049	5

Jenis pakan utama yang diberikan juga akan mempengaruhi degradasi limbah masker yang dilakukan oleh Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Pada penelitian yang dilakukan oleh (Yang *et al.*, 2020) larva Ulat Jerman *Zophobas atratus* dengan pemberian media nutrisi plastik PP dan dedak memiliki laju konsumsi pakan yang lebih besar dibandingkan dengan larva Ulat Jerman *Zophobas atratus* yang diberi pakan plastik PP saja. Hal ini dikarenakan pemberian pakan dedak atau protein kedelai mengandung kandungan vitamin dan mineral yang dapat mendukung percepatan pertumbuhan dan perkembangan dari larva Ulat Jerman *Zophobas atratus* (Susrama, 2017). Apabila larva ulat jerman memiliki pertumbuhan dan perkembangan yang baik maka proses degradasi plastik yang dilakukan akan lebih baik. Berlimpahnya jumlah mikroplastik pada reaktor P didukung dengan pemberian pakan pollard yang mengandung protein, serat, serta kandungan pati yang dapat mendukung pertumbuhan larva pada saat proses degradasi sehingga kecilnya potensi larva mengalami kematian. Besar kecilnya laju degradasi yang dilakukan oleh larva akan mempengaruhi jumlah mikroplastik yang terkandung dalam *frass* ulat jerman (Kudungal *et al.*, 2018).

#### 4.3.2 Kelimpahan Mikroplastik

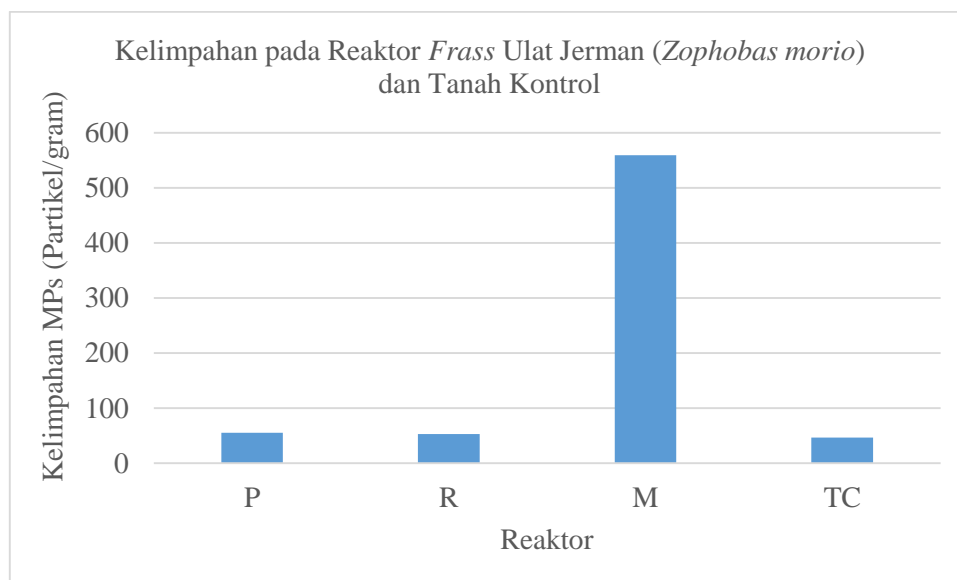
Setelah melakukan analisis terkait jumlah partikel mikroplastik pada masing-masing sampel, maka kita dapat mengetahui kelimpahan partikel mikroplastik pada masing-masing sampel. Besar kelimpahan partikel mikroplastik pada masing-masing sampel tergantung pada berat sampel yang digunakan. Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada sampel uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4. 7** Hasil Perhitungan Kelimpahan MPs pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Reaktor	Berat Sampel (gram)	Kelimpahan (Partikel/gram)
P	5	55
R	5	53
M	1,5	559
TC	5	46

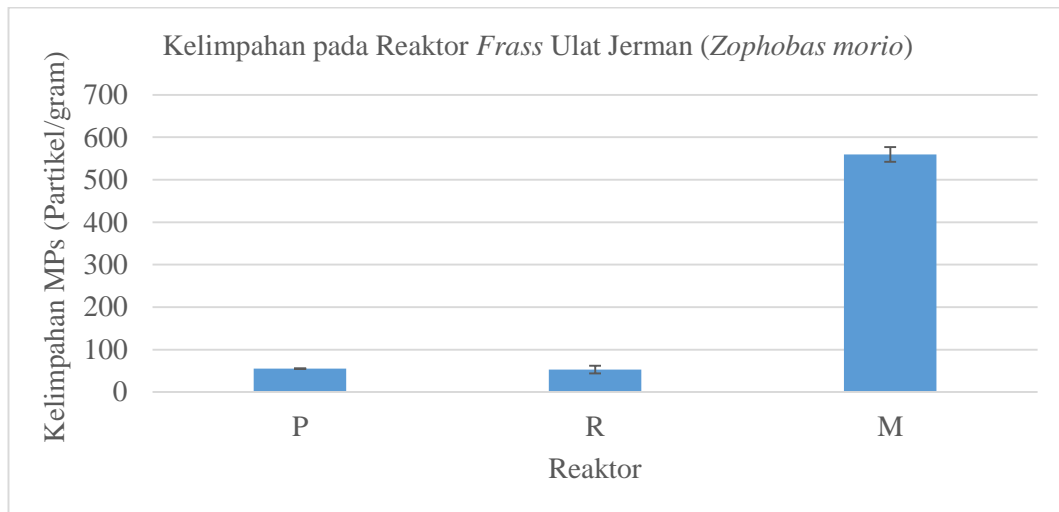
Sumber: Olah Data Pribadi

Jumlah kelimpahan mikroplastik pada sampel dapat dilakukan perhitungan setelah kita mengetahui jumlah mikroplastik total pada sampel. Perbedaan berat sampel yang digunakan pada saat penelitian terjadi karena keterbatasan persediaan sampel. Jumlah kelimpahan mikroplastik pada sampel tergantung dengan berat yang digunakan pada saat pegujian. Dari hasil perhitungan kelimpahan diatas, maka dapat disimpulkan rata-rata jumlah kelimpahan pada masing-masing reaktor dan tanah kontrol pada grafik berikut:



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 5** Kelimpahan pada Reaktor *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 6** Kelimpahan pada Reaktor *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Dari hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada semua sampel, dapat disimpulkan bahwasannya sampel reaktor M memiliki jumlah kelimpahan partikel yaitu sebanyak 559 partikel/1gram *frass* kering. Reaktor M memiliki kelimpahan mikroplastik lebih banyak dibandingkan dengan sampel yang lain dan tanah kompos organik TPS 3R Kenanga, Sleman. Tingginya kelimpahan partikel mikroplastik tersebut dipengaruhi oleh pakan pendamping ulat dan juga berat masker yang diberikan sebagai pakan yang akan mempengaruhi presentase konsumsi umpan yang dilakukan oleh Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pada saat proses biodegradasi. Besar berat masker yang diberikan pada reaktor M adalah sebanyak 10 gram. Semakin besar presentase konsumsi umpan yang dilakukan oleh Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pada saat proses biodegradasi maka jumlah kelimpahan mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) juga akan melimpah.

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Putri *et al.*, 2023) terkait biodegradasi sampah masker medis menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dengan variasi pakan *pollard* serta sayuran yang menyatakan bahwasannya sampel P dengan pakan *Pollard* sebanyak 40 gram dan masker medis sebanyak 10 gram memiliki presentase konsumsi umpan yaitu sampel P1 sebesar 22%, sampel

P2 sebesar 30%, sampel P3 sebesar 26%. Sampel R dengan pakan *Pollard* sebanyak 45 gram dan masker medis sebanyak 5 gram memiliki presentase konsumsi umpan yaitu sampel R1 23%, sampel R2 17%, dan sampel R3 sebesar 25%. Sedangkan pada reaktor M dengan pakan sayuran sebanyak 40 gram dan masker medis sebesar 10 gram memiliki presentase konsumsi umpan paling besar yaitu sampel M4 sebesar 64%, M5 68%, dan M6 sebesar 61%. Data hasil konsumsi umpan pada masing-masing reaktor disajikan pada tabel berikut :

**Tabel 4. 8** Besar Presesntase Konsumsi Umpan pada Reaktor Sampel *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Sampel	Berat <i>Pollard</i> + Masker Awal	Berat <i>Pollard</i> + Masker Akhir (gr)	Konsumsi Umpan (%)
P1	50	39	22%
P2	50	35	30%
P3	50	37	26%
Sumber = (Putri, 2023)			
Sampel	Berat <i>Pollard</i> + Masker Awal	Berat <i>Pollard</i> + Masker Akhir (gr)	Konsumsi Umpan (%)
R1	50	38	23%
R2	50	42	17%
R3	50	37	25%
Sumber = (Fernanda, 2023)			
Sampel	Berat Sayuran + Masker Awal	Berat Sayuran. + Masker Akhir (gr)	Konsumsi Umpan (%)
M4	50	18,0524	64%
M5	50	16,1764	68%
M6	50	19,4287	61%
Sumber = (Maulana, 2023)			

Sumber: Olah Data Pribadi

Dari tabel diatas jika dibandingkan antara sampel pada reaktor P dan M yang memiliki berat pakan masker medis yang sama yaitu sebanyak 10 gram, presentase konsumsi umpan pada proses biodegradasi hari ke 25 yang dimiliki oleh reaktor M lebih besar dibandingkan dengan reaktor P. Besarnya presentase konsumsi umpan yang dimiliki Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dapat mempengaruhi jumlah kelimpahan mikroplastik pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Pemberian pakan sayuran pada ulat jerman dapat meningkatkan konsumsi pakan pendamping. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Santoso *et al.*, (2017)

pemberian limbah sayuran sebagai pakan ulat jerman dapat meningkatkan konsumsi pakan konsentrat. Peningkatan laju konsumsi pakan pendamping tersebut dikarenakan limbah sayuran yang mengandung nutrisi yang tinggi serta protein kasar. Limbah sayuran ataupun tanaman hijau dapat dijadikan pelengkap nutrisi tambahan bagi ulat jerman karena bersifat mengenyangkan dan sebagai sumber air.

Kelimpahan partikel mikroplastik pada sampel dengan pakan sayuran dan masker medis juga dapat disebabkan oleh adanya kontaminasi sayuran dengan mikroplastik yang didukung dengan kemampuan tanaman dalam menyerap mikroplastik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Liese *et al.*, (2023) tentang serapan mikroplastik dan dampaknya terhadap tanaman kubis savoy, bibit tanaman sayuran kubis yang ditanam dengan bahan tambahan partikel polistiren mengandung partikel plastik pada sel hipokotil dengan ukuran partikel anatar 0,5 Mm sampah 2 Mm. Penyerapan partikel mikroplastik ini dilakukan melalui akar tanaman yang kemudian menuju sel-sel epidermis yang dimiliki tumbuhan kemudian partikel tersebut dapat terserap sampai ke jaringan xilem (Chen *et al.*, 2022). Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Lian *et al.*, (2022) serapan partikel polistiren apoplas sebesar 1 Mm terdeteksi pada bibit *Oryza Sativa* (Poaceace). Serapan partikel mikroplastik disebabkan oleh adanya kerusakan pada sumber jaringan akar lateral.

#### 4.3.4 Mikroplastik Berdasarkan Jenis

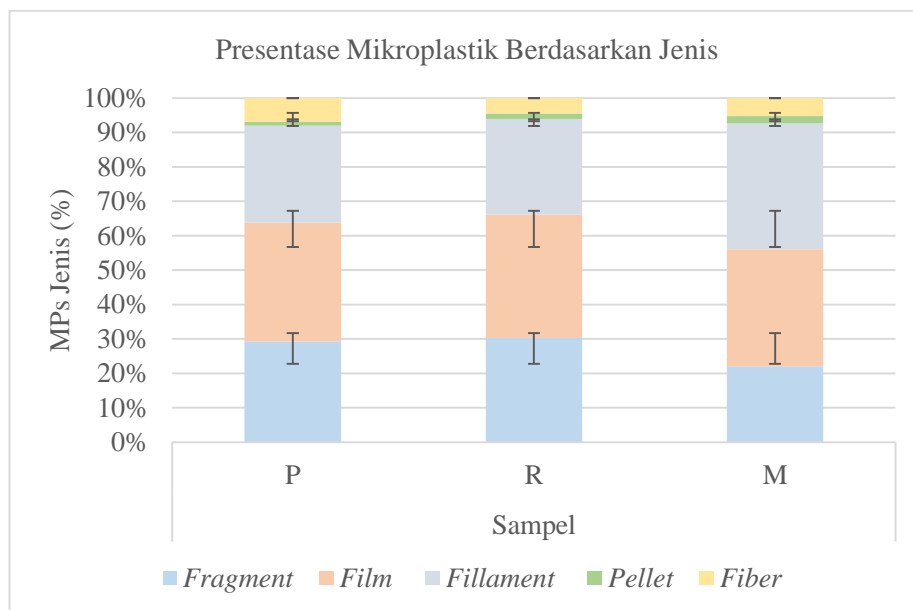
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4x, 10x, dan 100x, mikroplastik yang ditemukan menurut jenisnya adalah jenis *fragment*, *film*, *foam*, *pellet*, dan *fiber*. Berikut merupakan hasil pengamatan mikroplastik menurut jenisnya yang disajikan dalam tabel:

**Tabel 4. 9** Hasil Perhitungan Presentase Mikroplastik berdasarkan Jenis

Jenis	MPs Jenis (%)			
	P	R	M	TC
<i>Fragment</i>	29,31 ± 2,13	30,31 ± 10,84	22,06 ± 2,69	39%
<i>Film</i>	34,45 ± 2,2	35,80 ± 2,69	34,02 ± 4,71	24%
<i>Fillament</i>	28,20 ± 4,50	27,77 ± 6,66	36,56 ± 1,64	30%
<i>Pellet</i>	1,15 ± 0,82	1,61 ± 1,13	2,07 ± 1,18	0,4%
<i>Fiber</i>	6,89 ± 3,75	4,51 ± 2,63	5,28 ± 4,83	6%

Sumber: Olah Data Pribadi

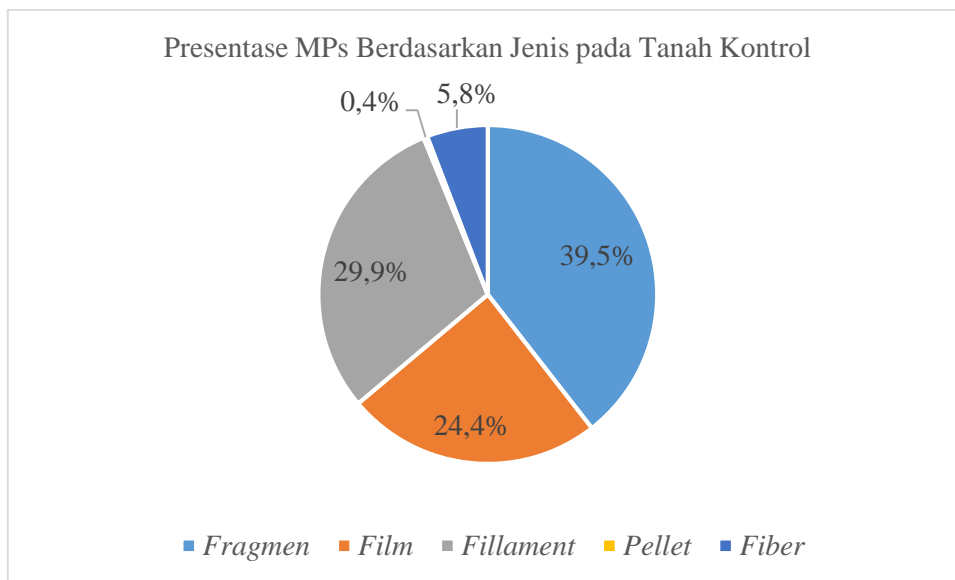
Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwasannya reaktor yang mengandung jenis mikroplastik *fragment* paling banyak adalah reaktor R sebanyak 30,31%, kemudian disusul reaktor P sebanyak 29,31 %, dan yang paling sedikit adalah reaktor M yaitu sebanyak 22,06%. Mikroplastik dengan jenis *film* paling banyak berada pada reaktor R sebanyak 35,8%, kemudian reaktor P sebanyak 34,45%, dan reaktor M sebanyak 34,02%. Mikroplastik dengan jenis *fillament* pada reaktor P sebanyak 28,20%, reaktor R 27,77% dan reaktor M sebanyak 35,56 %. Mikroplastik yang presentasenya paling kecil pada masing-masing reaktor adalah mikroplastik jenis *pellet* dengan presentase pada reaktor P sebesar 1,15%, reaktor R sebesar 1,61 % , dan reaktor M sebesar 2,07 %. Jenis mikroplastik yang lainnya yaitu mikroplastik *fiber* dengan presentase pada reaktor P sebanyak 6,89%, reaktor R sebanyak 4,51% dan reaktor M sebanyak 5,28 %. Hasil presentase mikroplastik berdasarkan jenisnya pada masing-masing reaktor juga disajikan dalam bentuk grafik berikut :



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 7** Presesntase MPs Berdasarkan Jenis pada Reaktor *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Pada tanah kontrol yaitu tanah kompos organik hasil TPS 3R yang digunakan sebagai pembandingan pada penelitian kali ini, jenis mikroplastik yang terkandung paling banyak yaitu mikroplastik jenis *fragment* dengan presentase 39,5% sebanyak 414 partikel, jenis *film* dengan presentase sebesar 24,4 % sebanyak 256 partikel, jenis *fillament* dengan presentase sebesar 29,9 % atau sebanyak 314 partikel, jenis *pellet* 0,4 % atau sebanyak 4 partikel, dan jenis *fiber* sebesar 5,8% atau sebanyak 61 partikel. Data banyaknya mikroplastik menurut jenisnya pada tanah kontrol disajikan pada gambar berikut :



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 8** Presentase MPs pada Tanah Kontrol Berdasarkan Jenis

Aktivitas manusia yang dilakukan di lingkungan akan mempengaruhi kelimpahan mikroplastik dengan jenis yang berbeda-beda. Teridentifikasinya mikroplastik jenis *fragment*, *fiber*, *filament*, dan *film* pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) bersumber dari proses biodegradasi limbah masker medis yang dilakukan oleh Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Beragam jenis lainnya dapat bersumber dari kontaminasi mikroplastik pada pakan yang diberikan pada saat proses biodegradasi. Kontaminasi mikroplastik pad apakan bisa bersumber dari kemasan yang digunakan dalam penyimpanan pakan. Pollard pada umumnya

disimpan menggunakan karung. Karung dapat menghasilkan mikroplastik berupa fragment dari pecahan serat karung tersebut (Indraini, 2019). Selain itu kantong kemasan yang digunakan dalam menyimpan pakan sayuran juga dapat menghasilkan mikroplastik berupa fragment, film, dan pellet.

Menurut Dewi *et al.*, (2015) bentuk dari limbah plastik yang berasal dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia yang berasal dari berbagai sumber misalnya seperti sampah rumah tangga, sampah industri, sampah kegiatan berkebun, sampah pertanian, dan lainnya akan mempengaruhi jenis mikroplastik yang tersebar di lingkungan sekitarnya. Kutipan ini juga didukung dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Gil-Delgado *et al.*, (2017) yaitu pada kotoran Shelduck ditemukan mikroplastik sebanyak 43,8%. Bentuk mikroplastik yang ditemukan berbentuk *fiber* dan *fragment*. Hasil identifikasi menyatakan bahwasannya jenis-jenis mikroplastik tersebut berasal dari cemaran limbah plastik yang berada pada lahan pertanian.

Ragam jenis mikroplastik yang terdeteksi merupakan hasil kontaminasi cemaran mikroplastik pada lingkungan sekitar, salah satunya kemampuan tanaman dalam penyerapan mikroplastik yang terdapat pada ladang sayuran. Cemaran mikroplastik pada ladang sayuran dapat menjadi rantai transmisi mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zopbohas morio*). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Beriot *et al.*, (2021) tentang penelitian kandungan mikroplastik pada tinja domba dan ladang sayuran sebagai habitat dari domba tersebut, ditemukan sebanyak 206 partikel mikroplastik pada ladang sayuran, dan 103 partikel mikroplastik pada tinja domba. Berikut merupakan jenis-jenis mikroplastik yang terdapat dalam sampel, yaitu :

#### 1. *Fragment*

*Fragment* merupakan salah satu jenis mikroplastik yang berbentuk pada umumnya seperti pecahan plastik. Mikroplastik dengan jenis *fragment* bersumber dari sampah botol-botol plastik, plastik kemasan makanan, pipa paralon. yang mengalami proses degradasi (Troyer, 2015). Sumber mikroplastik dengan jenis *fragment* juga banyak dihasilkan dari degradasi sampah domestik. Bentuk yang dimiliki oleh

jenis *fragment* cenderung tidak beraturan dengan warna partikel yang cenderung pekat dibandingkan dengan mikroplastik yang lainnya. *Fragment* termasuk dalam jenis mikroplastik sekunder (Sari,2018). Berikut merupakan bentuk mikroplastik dengan jenis *fragment* yang ditemukan pada penelitian kali ini beserta ukurannya :

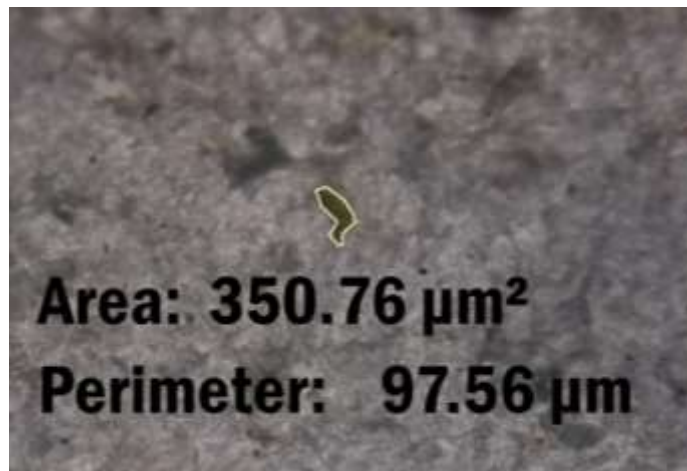


Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 4. 9** Mikroplastik Jenis *Fragment* dan Ukurannya

## 2. *Film*

*Film* merupakan jenis mikroplastik dengan densitas yang rendah dibandingkan jenis mikroplastik yang lainnya. Rendahnya densitas yang dimiliki oleh mikroplastik dengan jenis film menyebabkan memudahkan mikroplastik *film* berpindah tempat dan cenderung akan mengapung ketika berada di perairan (Ayuningtyas *et al.*, 2019). Sumber dari mikroplastik jenis ini biasanya berasal dari sampah botol plastik dan kemasan plastik yang telah mengalami proses degradasi (Sari, 2018). Bentuk yang dimiliki oleh mikroplastik jenis *film* dapat berupa lembaran maupun pecahan plastik. Warna yang dimiliki jenis *film* cenderung lebih tidak pekat jika dibandingkan dengan jenis *fragment*. Berikut merupakan gambar hasil pengamatan mikroplastik jenis *film* beserta ukurannya:

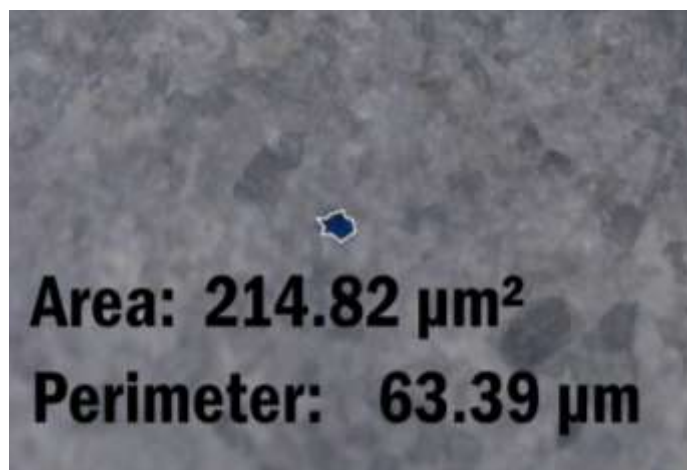


Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 4. 10** Mikroplastik Jenis *Film* dan Ukurannya

### 3. *Filament*

*Filament* merupakan jenis mikroplastik yang bersumber dari industri tekstil. *Filament* memiliki bentuk seperti serabut yang kasar hampir sama seperti *fiber*. Densitas yang dimiliki pada mikroplastik jenis ini rendah. Berikut merupakan gambar hasil pengamatan mikroplastik jenis *fillament* beserta ukurannya:

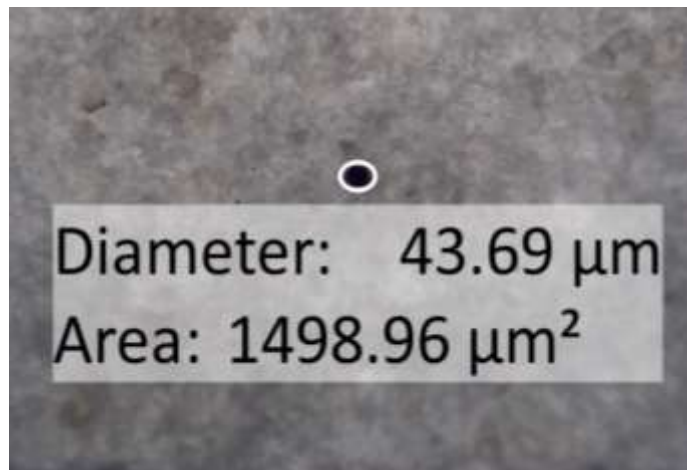


Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 4. 11** Mikroplastik Jenis *Filament* dan Ukurannya

#### 4. *Pellet*

Bentuk yang dimiliki oleh mikroplastik ini adalah bulat sempurna dengan permukaan yang cenderung halus. Mikroplastik dengan jenis *pellet* bersumber dari barang plastik yang dibuat dengan bahan baku *pellet*. Selain itu, sumber dari mikroplastik ini juga dapat berasal dari industri produk kecantikan yang menggunakan mikroplastik primer (Leanaker, 2019). Warna yang dimiliki mikroplastik dengan jenis *pellet* cenderung pekat. Berikut merupakan gambar hasil pengamatan mikroplastik jenis *pellet* beserta ukurannya:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 4. 12** Mikroplastik Jenis *Pellet* dan Ukurannya

#### 5. *Fiber*

*Fiber* merupakan mikroplastik dengan bentuk panjang seperti benang atau serabut. Warna yang dimiliki mikroplastik *fiber* tergantung dari sumber mikroplastik tersebut. Sumber dari mikroplastik dengan jenis *fiber* biasanya berasal dari jarring ataupun limbah cucian pakaian yang meninggalkan sisa benang pakaian. Selain itu sumber dari jenis *fiber* juga dapat berasal dari alat yang menggunakan bahan baku hasil fragmentasi monofilament (Hiwari *et al.*, 2019). *Fiber* memiliki bentuk yang tentative yang memiliki warna dengan ketebalan tidak pasti. Mikroplastik dengan jenis *fiber* pada penelitian kali ini dapat berasal

dari hasil degradasi masker medis menjadi mikroplastik yang terkandung pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*). Berikut merupakan gambar hasil pengamatan mikroplastik jenis *fiber* beserta ukurannya:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 4. 13** Mikroplastik Jenis *Fiber* dan Ukurannya

Tahapan pengukuran mikroplastik dilakukan perwakilan dari masing-masing jenis yang terdeteksi dalam sampel. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran jenis mikroplastik :

**Tabel 4. 10** Hasil Pengujian Ukuran pada Jenis MPs

Jenis Mikroplastik	Ukuran	
	Panjang ( $\mu\text{m}$ )	Luas ( $\mu\text{m}^2$ )
<i>Fragment</i>	-	$\leq 82.57$
<i>Film</i>	-	$\leq 350.76$
<i>Filament</i>	-	$\leq 214.82$
<i>Pellet</i>	-	$\leq 43.69$
<i>Fiber</i>	$\leq 112.49$	

Sumber: Olah Data Pribadi

Dari tabel diatas, mikroplastik jenis *fragment* memiliki ukuran sebesar  $\leq 82.57 \mu\text{m}^2$ , mikroplastik dengan jenis *film* memiliki ukuran  $\leq 350.76 \mu\text{m}^2$ , mikroplastik dengan jenis *filament* memiliki ukuran  $\leq 214.82 \mu\text{m}^2$ , mikroplastik dengan jenis *pellet* memiliki ukuran  $\leq 43.69 \mu\text{m}^2$ , dan mikroplastik dengan jenis *fiber* memiliki

panjang  $\leq 112.49 \mu\text{m}$ . Menurut penelitian yang dilakukan oleh Alvarez *et al.*, (2023) jenis mikroplastik berbentuk *fiber* teridentifikasi sebanyak 72% pada tinja spesies lagomorph. 75% dari mikroplastik jenis *fiber* tersebut memiliki ukuran  $<1 \text{ mm}$ . Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Sun *et al.*, (2023) mengenai penelitian kandungan mikroplastik pada endometrium manusia, ditemukan sebanyak 88,35% dengan ukuran 20-100 $\mu\text{m}$  dan yang lainnya memiliki ukuran 100-500 $\mu\text{m}$ .

Perbedaan ukuran pada mikroplastik disebabkan oleh proses degradasi plastik. Proses degradasi plastik menjadi mikroplastik dapat dibedakan menjadi degradasi alami yang membutuhkan waktu cukup lama dan juga biodegradasi yang melibatkan mikroorganisme. Selain itu pada saat proses degradasi plastik dapat dilakukan dengan bantuan sinar UV, air dengan proses hidrolis, serta oksidasi dari plastik itu sendiri.

#### 4.3.5 Mikroplastik Berdasarkan Warna

Pada pengamatan menggunakan mikroskop, analisis terkait warna dari mikroplastik juga dilakukan. Hasil pengamatan mikroplastik berdasarkan warna disajikan pada gambar berikut :

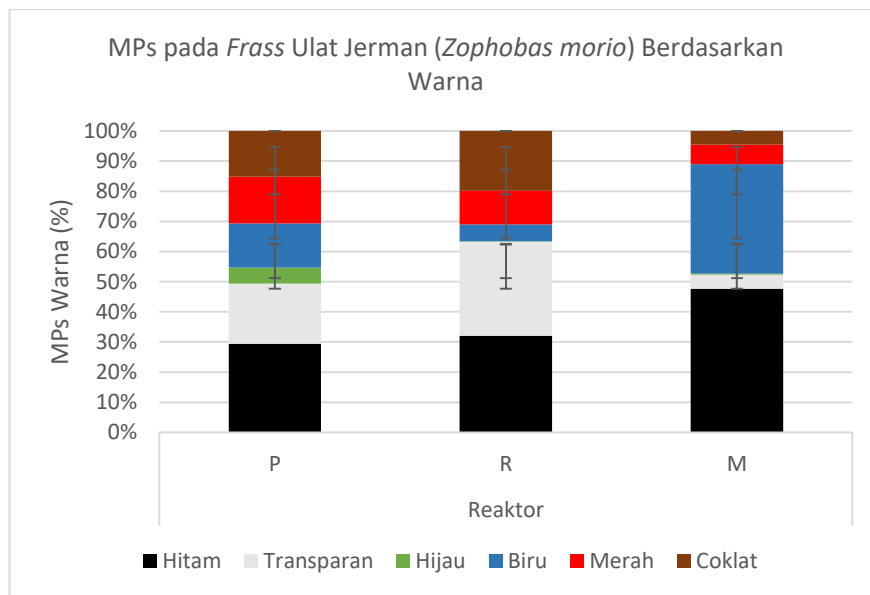
**Tabel 4. 11** Hasil Perhitungan Presentase Mikroplastik Berdasarkan Warna

Warna	MPs Warna (%)			
	P	R	M	TC
Hitam	29,39 $\pm$ 7,98	32,02 $\pm$ 10,22	58,76 $\pm$ 16,78	80,46
Transparan	20,03 $\pm$ 3,72	31,30 $\pm$ 2,68	5,80 $\pm$ 1,83	4,10
Hijau	5,26 $\pm$ 7,31	0,05 $\pm$ 0,06	0,41 $\pm$ 0,01	1,53
Biru	14,62 $\pm$ 1,02	5,70 $\pm$ 0,88	44,77 $\pm$ 5,75	3,05
Merah	15,57 $\pm$ 0,43	11,09 $\pm$ 0,85	8,08 $\pm$ 0,35	6,48
Coklat	15,13 $\pm$ 3,79	19,84 $\pm$ 7,30	5,54 $\pm$ 0,82	4,39

Sumber: Olah Data Pribadi

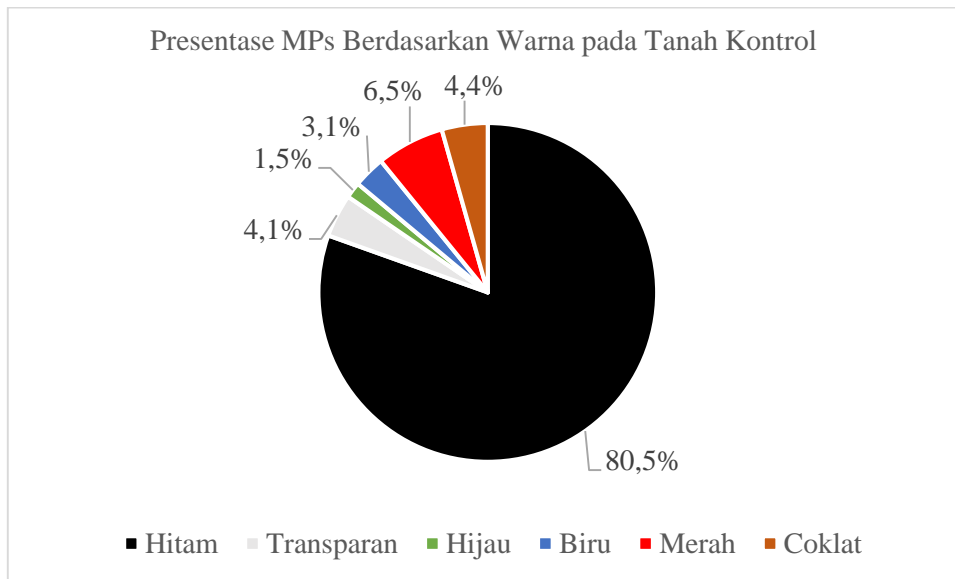
Dari tabel hasil pengamatan mikroplastik berdasarkan warna diatas, warna hitam memiliki presentase pada reaktor P sebesar 29,39%, reaktor R sebanyak 32,02%, dan reaktor M sebesar 58,76%. Mikroplastik warna transparan pada reaktor P sebanyak 20,03%, reaktor R sebanyak 31,30%, dan reaktor M sebanyak

5,80%. Sedangkan mikroplastik dengan warna hijau merupakan warna dengan presentase paling kecil pada reaktor P, R, dan M yaitu dengan jumlah 5,26%, 0,05%, 0,41%. Warna mikroplastik yang lainnya yaitu biru dengan presentase 14,62%, 5,70%, dan 44,77%. Mikroplastik dengan warna merah pada reaktor P,R, dan M sebanyak 15,57%, 11,09%, 8,08%. Warna terakhir yang ditemukan pada penelitian kali ini adalah mikroplastik dengan warna coklat dengan presentase pada reaktor P sebanyak 15,13%, reaktor R 19,84 %, dan reaktor M sebanyak 5,54%. Selain dalam bentuk tabel, data presentase kandungan mikroplastik pada masing-masing reaktor berdasarkan warna juga disajikan dalam bentuk grafik. Berikut merupakan grafik presentase mikroplastik berdasarkan warna yang di miliki masing-masing reaktor ;



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 14** Presesntase MPs berdasarkan Warna pada Reaktor *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*).





Sumber: Olah Data Pribadi




**Gambar 4. 15** Presesntase MPs berdasarkan Warna pada Tanah Kontrol


Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwasannya kandungan mikroplastik dengan warna biru lebih banyak ditemukan pada sampel Reaktor M, hal ini sejalan dengan presentase konsumsi umpan yang dimiliki oleh Ulat Jerman (*Zophobas morio*) pada saat proses biodegradasi lebih besar dibandingkan dengan sampel reaktor lainnya. Perbedaan warna yang dimiliki oleh mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman dan Tanah Kompos Organik TPS 3R Kenanga, Sleman adalah pada tanah kompos organik memiliki presentase mikroplastik warna hitam yang lebih besar dibandingkan dengan warna mikroplastik yang lainnya. Ragam warna mikroplastik yang terdeteksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu sumber dari kontaminasi mikroplastik. Mikroplastik dengan warna transparan atau tidak berwarna yang berada dilingkungan dapat berasal dari berbagai sumber, yaitu karena adanya paparan sinar uv dan cahaya matahari, kondisi cuaca, kontaminasi bahan kimia yang dapat menyebabkan terjadinya proses pemudaran warna asli dari mikroplastik sehingga seiring berjalannya waktu mirkoplastik tersebut tidak memiliki warna atau transparan. Warna transparan bisa juga berasal dari warna asli dari plastik dengan ukuran makro yang tidak memiliki warna (Ridho et al., 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hiwari (2019), dalam mikroplastik yang memiliki warna hitam, terdapat beragam jenis kandungan kontaminan dan partikel organik yang disebabkan dari kemampuan dalam penyerapan polutan yang dimiliki oleh warna hitam dibandingkan dengan mikroplastik dengan warna yang lainnya. Berikut merupakan tabel dari hasil analisis menggunakan mikroskop terkait warna mikroplastik:

**Tabel 4. 12** Tabel Hasil Pengamatan MPs Berdasarkan Warna pada Sampel *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Warna	Gambar
Hitam	 <p data-bbox="826 1350 1182 1379">Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>
Transparan	 <p data-bbox="826 1886 1182 1915">Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>

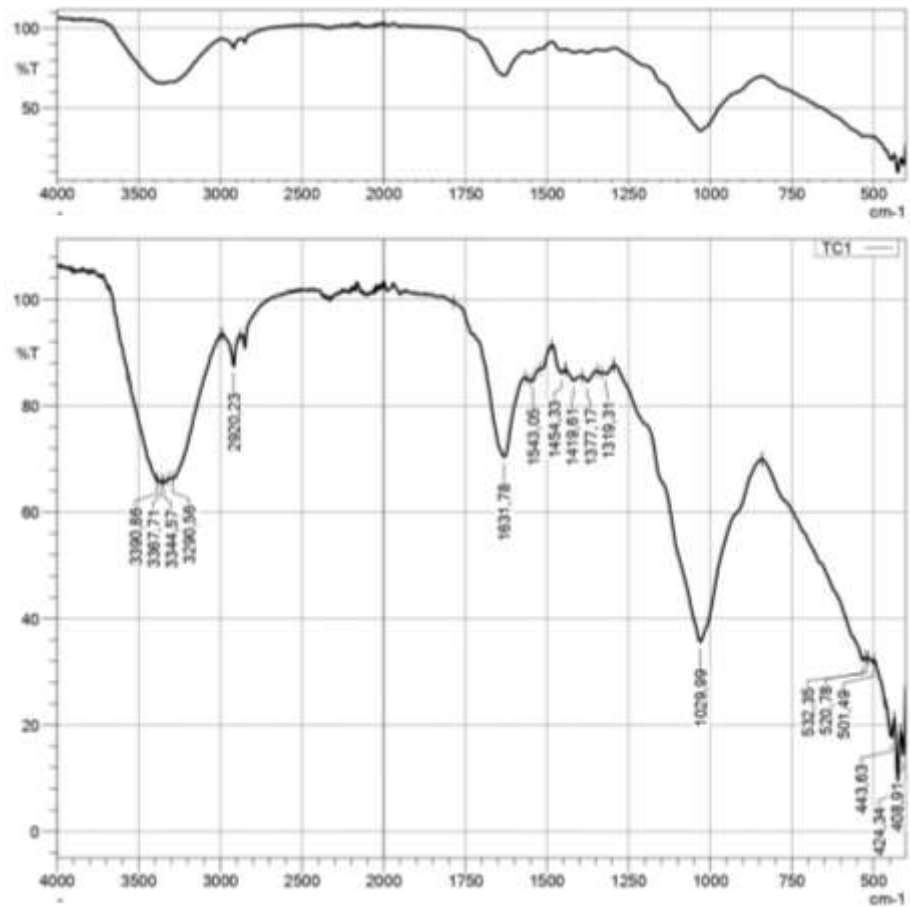
Warna	Gambar
Hijau	 <p data-bbox="826 837 1184 869">Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>
Biru	 <p data-bbox="826 1375 1184 1406">Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>
Merah	 <p data-bbox="826 1912 1184 1944">Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>

Warna	Gambar
Coklat	 <p data-bbox="826 840 1184 869">Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>

Sumber: Olah Data Pribadi

#### 4.4 Hasil Identifikasi Senyawa Polimer pada Mikroplastik

Analisis senyawa polimer pada mikroplastik dilakukan setelah pengamatan menggunakan mikroskop. Instrument yang digunakan pada tahap analisis ini adalah FTIR atau Forurier Transform Infrared. Instrument FTIR memiliki prinsip kerja menganalisis susunan gugus fungsi yang dimiliki oleh mikroplastik. Pembagian 4 kuadran pada sampel pada saat pengamatan menggunakan mikroskop bertujuan agar mengetahui kuadran yang paling banyak terdapat mikroplastik yang kemudian akan dilakukan analisis menggunakan FTIR. Sebelum dilakukan pengujian, instrument FTIR harus dinetralkan menggunakan aquades. Hasil analisis menggunakan FTIR berupa grafik dan *hitlist* nilai kemiripan senyawa polimer yang terdeteksi dengan *library score* yang telah dimiliki oleh instrument FTIR. Hasil analisis senyawa kimia yang terbaca pada sampel akan dilakukan perbandingan dengan hasil analisis senyawa kimia pada tanah control atau tanah kompos yang diambil dari TPS 3R. Berikut merupakan grafik yang terbaca dari hasil analisis senyawa kimia menggunakan instrumen FTIR pada tanah control:



Sumber: Dokumentasi Pribadi

**Gambar 4. 16** Grafik Hasil Analisis Senyawa Kimia pada Tanah Kontrol

Setelah dilakukan analisis pada tanah kontrol, maka dilakukan analisis pada sampel frass ulat jerman yang telah diuji menggunakan NaCl. Berikut merupakan hasil nilai kemiripan senyawa kimia yang terdeteksi pada sampel *frass* ulat jerman

:

**Tabel 4. 13** Hasil Analisis Nilai Skor Kemiripan Polimer pada Sampel *Frass* Ulat Jerman dan Tanah Kontrol

<b>Polimer</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>TC</b>
Soy Bean Powder	799	0	729	788	695	710	730	724	702	757
Human Hair	793	0	718	787	0	704	719	0	0	753
Tencel	784	815	806	736	791	790	764	746	760	807
Cupra	777	746	767	709	727	738	714	730	758	793
Cellulose	775	774	817	745	722	797	749	769	757	806
Ramie	772	791	785	719	756	760	746	754	732	801
Zein	766	780	0	762	0	0	708	0	0	721
Cotton	764	775	0	705	713	720	759	733	721	792
Cellopha	763	0	761	704	747	729	743	755	750	768
Methylcellulose	745	765	738	0	752	737	737	745	734	798
Rayon	743	744	741	696	717	722	718	730	714	730
Bemberg	738	746	738	734	713	714	710	726	705	734
Polyacetylene	736	754	756	706	713	691	705	722	702	783
Hydroxybutyl Methyl Cellulose	734	0	722	0	736	730	717	725	711	781
Glass Transmission	731	767	0	0	765	697	0	0	0	0
Arabic gum Film	0	723	759	707	0	0	706	747	700	0
Wool	0	0	0	706	0	0	0	0	0	0
Polyacrylamide	0	0	0	702	0	0	705	733	721	728
Hydroxypropylcellulose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	733

Sumber: Olah Data Pribadi

Setelah dilakukan analisa terkait skor kemiripan poliimer yang terdektesi oleh instrument FTIR pada masing-masing sampel, maka dilakukannya perhitungan terkait presentase dari skor tersebut, dan diambil 5 polimer dengan skor presentase tertinggi. Hasil perhitungan dengan presentase skor kemiripan tertinggi disajikan dalam bentuk tabel berikut:

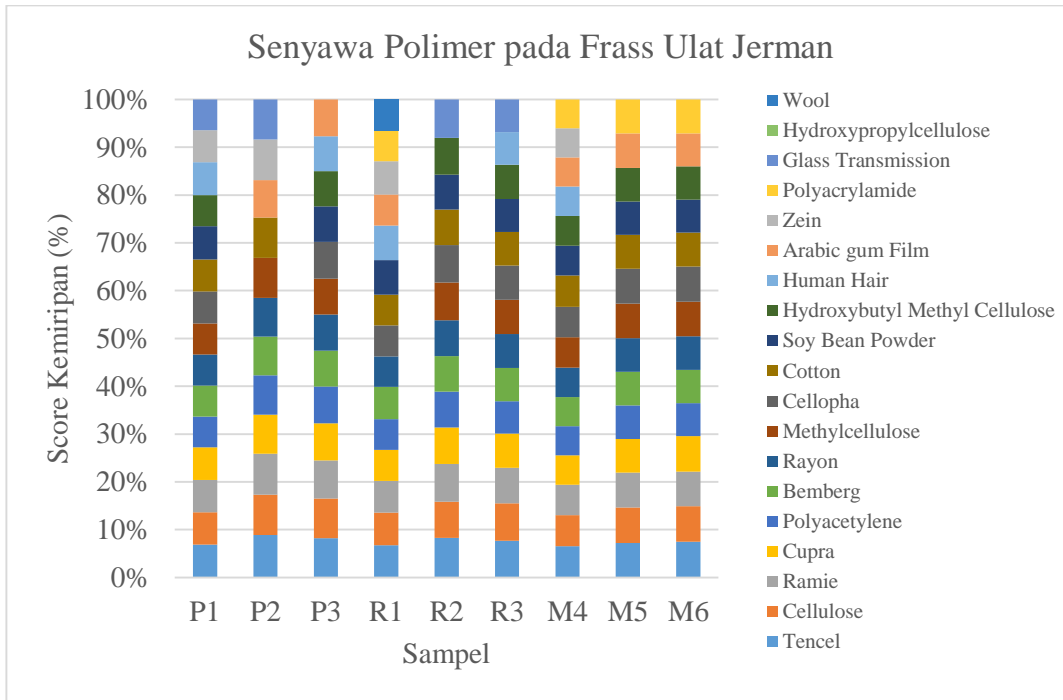
**Tabel 4. 14** Presentase Skor Kemiripan Polimer Hasil Analisis FTIR pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Polimer	Skor Kemiripan (%)									
	P1	P2	P3	R1	R2	R3	M4	M5	M6	TC
Tencel	78,4	81,5	80,6	73,6	79,1	79,0	76,4	74,6	76,0	80,7
Cellulose	77,5	77,4	81,7	74,5	72,2	79,7	74,9	76,9	75,7	80,6
Ramie	77,2	79,1	78,5	71,9	75,6	76,0	74,6	75,4	73,2	80,1
Cupra	77,7	74,6	76,7	70,9	72,7	73,8	71,4	73,0	75,8	79,3
Polyacetylene	73,6	75,4	75,6	70,6	71,3	69,1	70,5	72,2	70,2	78,3
Bemberg	73,8	74,6	73,8	73,4	71,3	71,4	71,0	72,6	70,5	73,4
Rayon	74,3	74,4	74,1	69,6	71,7	72,2	71,8	73,0	71,4	73,0
Methylcellulose	74,5	76,5	73,8	0,0	75,2	73,7	73,7	74,5	73,4	79,8
Cellopha	76,3	0,0	76,1	70,4	74,7	72,9	74,3	75,5	75,0	76,8
Cotton	76,4	77,5	0,0	70,5	71,3	72,0	75,9	73,3	72,1	79,2
Soy Bean Powder	79,9	0,0	72,9	78,8	69,5	71,0	73,0	72,4	70,2	75,7
Hydroxybutyl Methyl Cellulose	73,4	0,0	72,2	0,0	73,6	73,0	71,7	72,5	71,1	78,1
Human Hair	79,3	0,0	71,8	78,7	0,0	70,4	71,9	0,0	0,0	75,3
Arabic gum Film	0,0	72,3	75,9	70,7	0,0	0,0	70,6	74,7	70,0	0,0
Zein	76,6	78,0	0,0	76,2	0,0	0,0	70,8	0,0	0,0	72,1

Polimer	Skor Kemiripan (%)									
	P1	P2	P3	R1	R2	R3	M4	M5	M6	TC
Polyacrylamide	0,0	0,0	0,0	70,2	0,0	0,0	70,5	73,3	72,1	72,8
Glass Transmission	73,1	76,7	0,0	0,0	76,5	69,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydroxypropylcellulose	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,3
Wool	0,0	0,0	0,0	70,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Sumber: Olah Data Pribadi

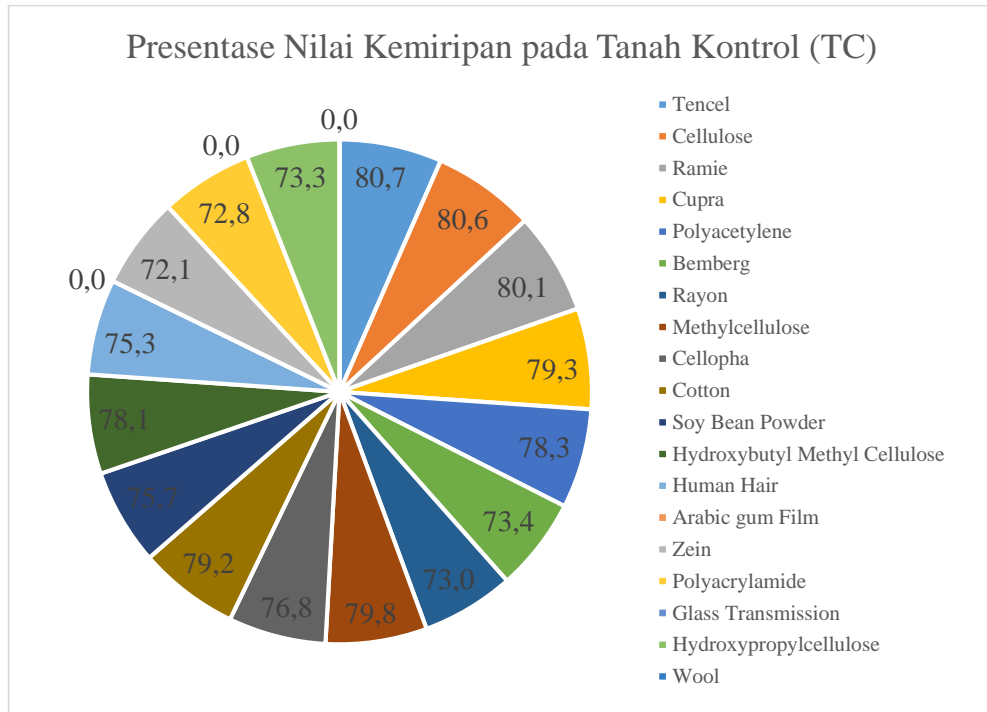
Berdasarkan tabel hasil analisis kemiripan senyawa kimia pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) diatas, hasil skor kemiripan pada masing-masing sampel juga disajikan dalam bentuk grafik berdasarkan jenis polimer yang terkandung pada masing-masing sampel. Berikut merupakan grafik senyawa polimer mikroplastik pada sampel *frass* Ulat Jerman dan tanah kompos TPS3R sebagai tanah kontrol :



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 17** Presentase Polimer dengan Skor Kemiripan Tertinggi pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Selain pada sampel *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*), hasil analisis yang terbaca oleh instrument FTIR pada tanah kontrol juga disajikan pada grafik berikut :



Sumber: Olah Data Pribadi

**Gambar 4. 18** Polimer dengan Skor Kemiripan Tertinggi pada Tanah Kontrol

Berdasarkan hasil analisis kemiripan senyawa kimia pada masing-masing sampel, didapatkan hasil nilai kemiripan yang berbeda-beda dari masing-masing sampel. Perbedaan skor kemiripan tersebut dikarenakan kandungan senyawa polimer pada mikroplastik yang terpadat pada masing-masing sampel berbeda. Dari hasil analisis pada **Tabel 4.14** terdapat 19 polimer yang terbaca oleh instrument Spektrofotometri FTIR. dari 19 polimer tersebut diambil 5 polimer dengan nilai skor tertinggi dan paling banyak terdapat pada masing-masing sampel, senyawa tersebut adalah *Tencel*, *Cellulose*, *Ramie*, *Cupra*, dan *Polyacetylene*. Berikut merupakan kegunaan dari masing-masing polimer tersebut:

**Tabel 4. 15** Kegunaan dari Polimer dengan Presesntase Tertinggi pada *Frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dan Tanah Kontrol

Jenis Polimer	Kegunaan
<i>Tencel</i>	Tencel merupakan bahan yang digunakan dalam pembuatan gaun, spreii, dan handuk. Dalam pembuatan produk-produk tersebut, tencel seringkali dikombinasikan dengan bahan polyester, selain itu tencel juga sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan plastic fiber atau serat plastic. (Zhang <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cellulose</i>	Selulosa merupakan polimer dengan nilai komersil yang cukup tinggi. Karakteristik dari polimer ini adalah memiliki sifat fisik yang baik yaitu bersifat termoplastis serta memiliki kestabilan dan ketahanan yang tinggi.. selulosa biasa digunakan untuk bahan baku pembuatan plastic dan bioplastic (Wahyusi <i>et al.</i> , 2017)
<i>Ramie</i>	<i>Ramie</i> atau serat pati merupakan bahan alami yang berasal dari tumbuhan yang digunakan untuk penambahan pembuatan plastik konvensional. Polimer ini memiliki sifat rentan dengan proses degradasi mikroorganismenya. Plastik yang terbuat dari ramie memiliki ketahanan yang lebih dan harga yang lebih murah (Stamboulis <i>et al.</i> , 2000)

<i>Cupra</i>	Salah satu kegunaan polimer cupra adalah sebagai bahan baku pembuatan serat sintesis (Rahma, 2020)
<i>Polyacetylene</i>	Digunakan dalam pembuatan kemasan makanan, bahan baku kantong plastik, bahan baku pembuatan layar televisi dan alat rumah tangga lainnya. Polyacetylene memiliki ketahanan yang baik terhadap kerusakan dan air. Polimer ini banyak terkandung dalam mikroplastik dengan jenis <i>Film</i> (Rahmawati, 2015)

Sumber: Olah Data Pribadi

Pada penelitian yang dilakukan oleh Alvarez *et al.*, (2023) ditemukan mikroplastik pada tinja lagomorph. Sebanyak 72% dari mikroplastik yang ditemukan memiliki bentuk *fiber*. Jenis polimer yang terkandung dalam mikroplastik tersebut terdapat dua jenis yaitu *poliamida* dan *polietilen*. Dari hasil polimer yang terindikasi maka dapat menunjukkan bahwasannya mikroplastik yang terdeteksi berasal dari bahan tekstil. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Senes *et al.*, (2023) kandungan mikroplastik pada pellet yang dimuntahkan dan kotoran burung camar berkaki kuning memiliki jenis *fiber*, *film*, *foam*, dan *fragment*. Dari jenis mikroplastik tersebut, kandungan polimer yang terdeteksi adalah *polipropilen* dan *selulosa*. Mikroplastik yang terdeteksi diperkirakan merupakan hasil dari timbunan limbah plastik yang kemudian tertimbun dalam pellet dan kotoran burung camar.

#### 4.5 Rekomendasi Penggunaan Frass Ulat Jerman sebagai Kompos

Penggunaan kompos yang efektif bergantung pada kualitas yang dimiliki oleh kompos tersebut. Kualitas dari kompos dapat diukur melalui parameter fisik dan kimia yang dimiliki oleh kompos. Parameter tersebut adalah temperatur, pH, kadar air, dan

warna. *Frass* Ulat Jerman hasil degradasi limbah masker medis memiliki suhu sebesar 28 derajat selsius yang sesuai dengan standart baku mutu pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Selain suhu, parameter lainnya seperti pH, dan kadar air pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) sesuai dengan SNI 19-7030-2004. Selain dari parameter diatas, kualitas kompos dapat dilihat dari warna yang dihasilkan kompos tersebut. Warna yang dihasilkan oleh *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) cenderung coklat muda dan coklat tua. Hal ini menunjukkan kematangan yang dimiliki oleh *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) belum sempurna. Jika dibandingkan dengan tanah kompos organik hasil TPS 3R Kenanga, Sleman, hasil dari warna yang dimiliki oleh tanah kompos organik tersebut berwarna kehitaman yang menunjukkan bahwasannya kematangan kompos organik tersebut lebih sempurna dibandingkan dengan kematangan *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*).

Selain ditinjau dari parameter fisika dan kimia, kualitas kompos juga dapat ditinjau dari kandungan mikroplastik pada kompos tersebut. Tujuan penggunaan kompos organik adalah untuk memperbaiki kualitas lingkungan. Apabila kompos organik mengandung mikroplastik yang cukup besar maka tujuan dari penggunaan kompos organik tidak akan tercapai. Kandungan mikroplastik pada *frass* Ulat Jerman (*Zophobas morio*) hasil degradasi limbah masker medis dengan variasi pakan *pollard* serta limbah sayuran cenderung lebih banyak dibandingkan dengan kandungan mikroplastik pada tanah kompos organik hasil TPS 3R Kenanga, Sleman.

Tanah kompos organik yang dihasilkan oleh TPS 3R Kenanga, Sleman memiliki kualitas yang lebih baik dari segi kematangan dan kandungan mikroplastik dibandingkan dengan Tanah kompos yang berasal dari *frass* Ulat Jerman hasil degradasi limbah masker medis. Sehingga dalam pengaplikasiannya ke lingkungan, lebih baik menggunakan tanah kompos organik hasil TPS 3R untuk mencegah adanya kerusakan lingkungan akibat pencemaran mikroplastik yang berlimpah ke lingkungan.

Dalam SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik disebutkan bahwasannya kandungan maksimum bahan asing pada tanah kompos adalah sebesar 1,5%. Besar kandungan mikroplastik *frass* Ulat Jerman

(*Zophobas morio*) melebihi ambang batas kandungan bahan asing yang ditentukan. Dengan adanya penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi mengenai dibuatnya regulasi yang spesifik terkait batas kandungan mikroplastik pada tanah kompos. Hal tersebut bertujuan kompos yang digunakan dalam lingkungan tidak menjadi rantai penyebaran mikroplastik pada berbagai ekosistem.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, dapat disimpulkan bahwasannya :

1. Kelimpahan mikroplastik tertinggi dimiliki oleh reaktor M dengan pakan limbah sayuran 40 gram dan masker medis 10 gram dengan rata-rata kelimpahan 559 partikel/gram. Reaktor P dengan pakan pollard 40 gram dan masker medis 10 gram memiliki kelimpahan mikroplastik 55 partikel/gram. Sedangkan pada reaktor R dengan pakan pollard 45 gram dan masker medis 5 gram memiliki kelimpahan mikroplastik paling kecil yaitu 53 partikel/gram.
2. Hasil analisis mikroplastik menurut jenis pada sampel terdapat jenis mikroplastik berupa *Fragment*, *Film*, *Filament*, *Fiber*, dan *Pellet*. Ukuran yang dimiliki oleh masing-masing mikroplastik yaitu *Fragment* dengan luas  $\leq 82.57 \mu\text{m}$ , *Film* dengan luas  $\leq 350.76 \mu\text{m}$ , *Filament* dengan luas  $\leq 214.82 \mu\text{m}$ , *Pellet* dengan diameter  $\leq 43.69 \mu\text{m}$ , dan *Fiber* dengan panjang  $\leq 112.49 \mu\text{m}$ . Hasil pengukuran ukuran pada jenis mikroplastik dilakukan dengan mengukur perwakilan dari masing-masing jenis mikroplastik yang terdeteksi. Presentase mikroplastik berdasarkan jenis yang dimiliki oleh reaktor P yaitu *fragment*  $29,31 \pm 2,13\%$ , *Film*  $34,45 \pm 2,2$ , *Filament*  $28,20 \pm 4,50\%$ , *Pellet*  $1,15 \pm 0,82\%$ , dan *fiber*  $6,89 \pm 3,75\%$ . Reaktor R dengan jenis *Fragment*  $30,31 \pm 10,84\%$ , *Film*  $35,80 \pm 2,69\%$ , *Filament*  $27,77 \pm 6,66\%$ , *Pellet*  $1,61$

$\pm 1,13\%$ , dan *Fiber*  $4,51 \pm 2,63\%$ . Sedangkan presentase mikroplastik berdasarkan jenis pada reaktor M yaitu *Fragment*  $22,06 \pm 2,69\%$ , *Film*  $34,02 \pm 4,71\%$ , *Filament*  $36,56 \pm 1,64\%$  *Pellet*  $2,07 \pm 1,18\%$  dan *Fiber*  $5,28 \pm 4,83\%$ . Pada hasil pengamatan, ditemukan variasi warna pada mikroplastik yaitu hitam, transparan atau tidak berwarna, hijau, biru, merah, dan coklat. Presentase terbesar mikroplastik berdasarkan warna pada reaktor yaitu warna hitam pada reaktor M dengan presentase  $58,76 \pm 16,78\%$ , warna transparan pada reaktor R dengan presentase  $31,30 \pm 2,68\%$ , warna hijau pada reaktor P dengan presentase  $5,26 \pm 7,31\%$ , warna biru pada reaktor M dengan presentase  $44,77 \pm 5,75\%$ , warna merah pada reaktor P dengan presentase  $15,57 \pm 0,43\%$ , dan warna coklat pada reaktor R dengan presentase  $19,84 \pm 7,30\%$ .

3. Hasil analisis kandungan jenis polimer pada sampel menggunakan instrumen Spektrofotometri FT-IR ditemukan sebanyak 19 polimer dan dipilih 5 polimer dengan presentase skor kemiripan tertinggi yaitu *Tencel*, *Cellulose*, *Ramie*, *Cupra*, dan *Polyacetylene*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, maka penulis memberikan saran berikut :

1. Pada saat proses preparasi sampel sebelum pengujian, perlu memperhatikan kestabilan suhu pada proses WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) agar tidak terjadi kerusakan sampel.
2. Pada saat penyimpanan sampel perlu memperhatikan bahan yang digunakan supaya tidak menambah kontaminasi mikroplastik pada sampel, selain itu pada saat pengujian juga perlu memperhatikan perlakuan terhadap sampel guna mencegah adanya kontaminasi sampel dengan mikroplastik pada udara.

3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap kandungan frass ulat jerman (*Zophobas morio*) dengan variasi pakan pollard serta sayuran tanpa masker medis agar dapat mengetahui adanya kontaminasi terkait pakan atau tidak.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait kandungan mikroplastik pada tubuh Ulat Jerman (*Zophobas morio*) yang melakukan degradasi limbah masker medis untuk memastikan ulat tersebut mengkonsumsi masker medis atau tidak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez-Andrade, A. (2023) 'Microplastic abundance in feces of lagomorphs in relation to urbanization', *Science of The Total Environment*, 864, p. 161025. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.161025>.
- Andriansyah, I., Wijaya, H. N. M., & Purwaniati, P. (2021). Analisis Adulteran pada Kopi Luwak dengan Metode Fourier Transform Infrared (FTIR). *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), 26. <https://doi.org/10.20473/jkr.v6i1.23397>
- Atika Larasati, A. (no date) *PENGOLAHAN SAMPAH SAYURAN MENJADI KOMPOS DENGAN METODE TAKAKURA Processing Vegetable Waste Into Compost With Takakura Method*.
- Ayuningtyas, W. C., Yona, D., S, S. J., & Iranawati, F. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, Jalan Veteran, Malang
- Baker J.E., & Loschiavo S.R. (1987). Nutritional Ecology Of Stored Product Insects. Di Dalam : Slansky Fjr., Rodriguez JG, Editor. *Nutritional Ecology of Insects Mites, Spiders, and Related Invertebrates*. John Wiley & Sons. New York. Hlm 321-344
- Beriot, N. *et al.* (2021) 'Low density-microplastics detected in sheep faeces and soil: A case study from the intensive vegetable farming in Southeast Spain', *Science of The Total Environment*, 755, p. 142653. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142653>.
- Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., Moore, C.J. 2010. Plastic Ingestion By Planktivorous Fishes in The North Pacific Central Gyre. *ScienceDirect*, 12:2275–2278

- Chlara Budiarti, E. (no date) 'Identifikasi Mikroplastik pada Feses Manusia ECOTON (Ecological Observation and Conservation Wetlands), Indonesia'. <https://journalecoton.id/index.php/epj>.
- Chen, S., Feng, Y., Han, L., Li, D., Feng, Y., Jeyakumar, P., Sun, H., Shi, W., Wang, H., 2022a. Responses of rice (*Oryza sativa* L.) plant growth, grain yield and quality, and soil properties to the microplastic occurrence in paddy soil. *J. Soils Sediments* 22 (8), 2174–2183. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03232-w>
- Chen, G., Li, Y., Liu, S., Junaid, M., Wang, J., 2022b. Effects of micro(nano)plastics on higher plants and the rhizosphere environment. *Sci. Total Environ.* 807, 150841. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150841>
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. (2015). Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara
- Dian GM dan Pandebesie ES (2013) Pengaruh penambahan mikroorganisme terhadap kondisi operasi pemusnahan sampah plastik biodegradable. *Jurnal Teknik.POMITS* Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Fadare, Oluniyi O.; Okoffo, Elvis D. (2020). *Covid-19 Face Masks: A Potential Source of Microplastic Fibers in the Environment*. *Science of the Total Environment*.
- Fitria, H., Latifah Ahmad, T. and Rizaq, S.U. (no date) *Pemanfaatan Masker Limbah COVID-19 Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan, Metode Jurnal Teknik Industri*.
- Fernanda, R.D. (2023). Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Berdasarkan Parameter Kimia *Zophobas Morio*. *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia*

- Gesriantuti, N., Badrun, Y., & Yolanda, E. (2022). Pengaruh Kombinasi Pakan terhadap Kemampuan Larva *Tenebrio molitor* dalam Mendegradasi Limbah Masker Medis Surgical. *Photon Jurnal Sains dan Kesehatan*.
- Gil-Delgado, J.A. (2017) 'Presence of plastic particles in waterbirds faeces collected in Spanish lakes', *Environmental Pollution*, 220, pp. 732–736. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.09.054>.
- Handayani, S., & Karnilawati, K., 2018, Karakterisasi Dan Klasifikasi Tanah Ultisol Di Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie, *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 14, 52–59.
- Hayat, & Zayadi, H. (2018). Model Inovasi Pengelolaan Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Ketahanan Pangan*. 131-141.
- Hildago V, Gutow L, Thompson RC, & Thiel M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification.
- 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 Jatinangor, Sumedang, 5(2), 22. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204>
- Indriani RD.(2019) Analisis Kandungan Mikroplastik pada Kerang Tahu (Metertix Metetrix) Dan Perilaku Masyarakat Di Wilayah Pesisir Pantai Dusun Biring Kassi Desa Punagayya Kecamatan Bangkala Kabupaten Jeneponto. Universitas Muslim Indonesia;
- Islami, A. N. (2019). Biodegradasi Plastik oleh Mikroorganisme. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1689-1699.
- Kingfisher . (2011). Micro-Plastic Debris Accumulation on Puget Sound beaches. *Port Townsend Marine Science Center*.

- Kirstein, F. Hensel, A. Gomiero, L. Iordachescu, A. Vianello, H. B. Wittgren dan J. Vollertsen (2021)“Drinking plastics? – Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by  $\mu$ FTIR and Py-GCMS,” *Water Research*, vol. 188.
- Kundungal, H., Mnjari, G., Saran, S., Arunkumar, P. & Suja, P. D. (2018). Efficient biodegradation of polyethylene (HDPE) waste by the plastic-eating lesser waxworm (*Achroia grisella*), *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 18509-18519
- Lê, S., Josse, J., Husson, F., 2008. FactoMineR : an R package for multivariate analysis. *J. Stat. Softw.* 25 (1). <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Lian, J., Wu, J., Xiong, H., Zeb, A., Yang, T., Su, X., Su, L., Liu, W., 2020. Impact of polystyrene nanoplastics (PSNPs) on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Hazard. Mater.* 385, 121620. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121620>
- Lidiawati, M.. (no date) *Dampak Limbah Masker Bekas Pakai (Medis dan Non Medis) Terhadap Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat di Kota Banda Aceh*. <http://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/semduunaya56>.
- Ling, D., (2019). *Microplastics In Surface Waters And Sediments Of The Wei River, In The Northwest Of China*. *Science of the Total Environment* 667 : 427 – 434
- Lumban Tobing, S. J. B., (2020). Karakteristik Mikroplastik Pada Ikan Laut Konsumsi Yang Didaratkan Di Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 3(2), 102. <https://doi.org/10.24843/jmrt.2020.v03.i02.p07>
- Manuputty, M. C., A. Jacob dan J.P. Haumahu, (2012). *Pengaruh Effective Inoculant Promi Dan Em4 Terhadap Laju Dekomposisi dan Kualitas Kompos Dari Sampah Kota Ambon*. *Agrologia Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*, Vol. 1, No. 2, Hal. 143-151(Oktober 2012), ISSN 2301-7287.

- Martin Sulistyani. (2018). Spektroskopi Fourier Transform Infra Red Metode Reflektansi (Atr-Ftir) Pada Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Vitamin C. *Temapela*, *1*(2), 39–43.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.25077/temapela.1.2.39-43.2018>
- Mokodompis, D., (2018). Efektivitas Mikroorganisme Lokal Mol Limbah Sayuran dan Buah-buahan sebagai Aktifator Pembuatan Kompos. *Jurnal Kolaboratif Sains* Vol 1. No.194-103.
- Maulana, A. (2023). Analisis Hasil Biodegradasi Sampah Sayuran dan Masker Medis Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*) Berdasarkan Parameter Kimia. *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia*
- Nor, N, & Obbard, J. (2014). Microplastic in Singapore's Coastal Mangrove Ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*.
- Nur Faujiah, I. (2022) ‘Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021’, *Gunung Djati Conference Series*, 7.
- NOAA, Marine Debris Program. 2015. *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in The Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments*
- Pangestu, W., Prasetya, A., & Cahyono, R. B. (2017). Pengolahan Limbah Kulit Pisang dan Nangka Muda Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Simposium Nasional RAPI XVI – 2017 FT UMS*, 97-101.
- Peng, B., Li, Y., Chen, Z., Brandon, A. M., Criddle, C. S. Zhang, Y., & Wu, W. (2020). Biodegradation of Low-Density Polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): broad and limited extent depolymerization. *Environmental Pollution*, 266(Pt1):115206. [10.1016/j.envpol.2020.115206](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115206).

- Pereira., (2014). Soil Structure and Its Influence On Microbial Biomass In Different Soil and Crop Management Systems. *Soil & Tillage Research*, Vol. 142, pp. 42– 53. Suharnantono
- Permatasari, D. R., & Radityaningrum, A. D. (2020). *Kajian Keberadaan Mikroplastik Di Wilayah Perairan: Review*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan.VIII, 499–506
- Prata, C. J., Silva, A. L., Duarte, A. C., & Santos, T. R. (2021). Disposable over Reusable Face Masks: Public Safety or Environmental Disaster?. *environments-MDPI*, 1-10.
- Putra, I.P.I. (2022) ‘Degradation Rate of Several Plastics Type Using Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) and Germany Superworm (*Zophobas atratus* F.)’, 23(1).Menggunakan, P., Jerman, U. and Zophobas, ( (no date) *Analisis Parameter Fisik Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Sekali*.
- Putra, R. A. (2021) ‘Limbah Medis Meningkat Selama Pandemi, LIPI Tawarkan Metode Rekristalisasi’, DW Indonesia, 18 Februari [Online]. <https://www.dw.com/id/metoderekristalisasi-untuk-solusipenanganan-limbah-medis/a56606464> (Accessed: 28 Februari 2021).
- Putra, I. L., & Ma'rufah, N. (2022). Laju Degradasi Beberapa Jenis Plastik Menggunakan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.) dan Ulat Jerman (*Zophobas atratus* F.). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 001-008.
- Putri, A.A (2023) Analisis Parameter Fisik Hasil Biodegradasi Sampah Masker Medis Sekali Pakai Menggunakan Ulat Jerman (*Zophobas morio*). *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia*
- Rahman, A. (2015). Penggunaan Motor Servo Sebagai Pengatur Fokus Pada Mikroskop Refleksi Digital Berbasi Modul Mikrokontroler Arduino Uno. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952

- Rahmawati, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (Pe) Dan High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Lataston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18(2), 147–159.
- Raraningsih, S. D., Sutrisno, E., & Purwono. (2017). Pemanfaatan Ulat Jerman (Superworm) dalam Pengolahan Limbah Pasar Sayur Sawi Hijau dan Wortel menjadi Kompos. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-19
- Rebia, R. A., Budiman, A. S., Hidayah, F. N., Septyani, D. W., & Isla, S. A. (2022). Preparasi dan Karakteristik Lembaran Plastik Limbah Masker Berdasarkan Variasi Lapisan Luar, Tengah, dan Dalam. *Jurnal Serambi Engineering*, 4151-4158.
- Ridlo, A., Ario, R., al Ayyub, A. M., Supriyantini, E., & Sedjati, S. (2020). Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yang Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 325–332. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i3.7424>
- Sangkham S.(2020) Face mask and medical disposal during the novel COVID-19 pandemic in asia. *Case Stud Chem Environ*. 2020;2:100052. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100052>
- Santoso, A. Afrila, and E. Fitasari (2017), “Peningkatan Produksi Ulat Jerman Melalui Kombinasi Pemanfaatan Limbah Sayuran Pasar Pada Formulasi Media Pakan Yang Berbeda,” *Buana Sains*, vol. 17, no. 1, pp. 33–42
- Senes, G.P. (2023) ‘Microplastics in feces and pellets from yellow-legged gull (*Larus michahellis*) in the Atlantic Islands National Park of Galicia (NW Spain)’, *Marine Pollution Bulletin*, 195, p. 115531. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2023.115531>.

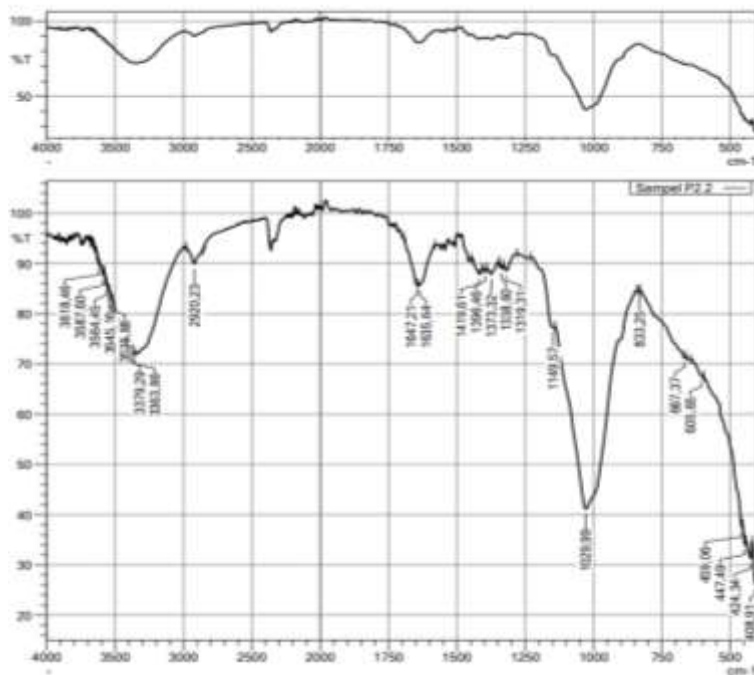
- Skariyachan S, Setlur AS, Naik SY, Naik AA, Usharani M, Vasist KS, (2017) Enhanced biodegradation of low and high-density polyethylene by novel bacterial consortia formulated from plastic-contaminated cow dung under thermophilic conditions. *Environ Sci Pollut Res* 24(9):8443-8457
- Sun, Jiani, (2024) 'Detection and quantification of various microplastics in human endometrium based on laser direct infrared spectroscopy', *Science of the Total Environment*, 906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167760>.
- Susrama, I. Gede Ketut. (2017) Kebutuhan Nutrisi dan Substansi dalam Pakan Buatan Serangga (Artikel Ulasan). *EJurnal Agroekoteknologi Tropika* (Journal of Tropical Agroecotechnology) : 310-318.
- Tagg, (2015). Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging. *Analytical Chemistry*, 87(12), 6032–6040.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. dan Vigil, S.A. (2003) Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill International Editions: New York
- Toto, B.. (2023) 'Efficient extraction of small microplastic particles from rat feed and feces for quantification', *Heliyon*, 9(1).<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12811>.
- Troyer, N. De. 2015. Occurrence and distribution of microplastics in the Scheldt river
- Van Cauwenberghe, L,(2013). *Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental Pollution*, 182, 495–499.<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>

- Yang, S. S., Ding, M., He, L., Zhang, Q. L., Xing, D., Cao, G., Zhao, L., Ding, J., Ren, N., & Wu, W. (2020). Biodegradation of Polypropylene by yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) and superworms (*Zophobas atratus*) via gutmicrobe-dependent depolymerization, *Science of The Total Environment*, 756. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144087>
- Yang, Y., Wang, J., & Xia, M. (2019). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic eating superworms *Zophobas atratus*. *Journal Pre-proof*
- Yusof, S. Chowdhury, M. O. Faruck, and N. Sulaiman, (2017) “Anticancer peptides derived from supermeal worm (*Zophobas morio*) larvae,” *Int. Food Res. J.*, vol. 24, no. eember, pp. 456–451
- Zhang W, Zhang S, Wang J, Wang Y, Mu J, Wang P, Lin X, Ma D. Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Bohai Sea, China. *Environ Pollut.* 2018, 231 (541-548).



No	Book	Library	U_Serial	Name	Comment
1	610	114 - ATN Polymers	U_Serial		Transmittance (Continuation)
2	609	8 - ATN Polymers	U_Polymers		Overlapp 2
3	608	11 - ATN Polymers	U_Cellulose		Overlapp 2
4	607	12 - ATN Polymers	U_Cellulose		Overlapp 2
5	606	10 - ATN Polymers	U_Cellulose		Overlapp 2
6	605	142 - Y Polymers	Y_Polymers		Transmittance (Continuation)
7	760	8 - W Polymers	CELLULOSE		Cellulose ATR-FTIR Spectrum
8	757	4 - Y Polymers	Y_Polymers		Sample Book Transmittance
9	756	12 - ATN Polymers	U_Cellulose		Overlapp 2
10	755	10 - ATN Polymers	U_Cellulose		Overlapp 2
11	754	11 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
12	753	11 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
13	752	4 - ATN Polymers	U_Serial		Overlapp 2
14	751	8 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
15	750	25 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
16	760	111 - ATN Polymers	U_Methyl_Cellulose		Methyl Cellulose (Methocel) content 30% Overlapp 2
17	760	144 - ATN Polymers	U_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose		Hydroxypropyl Methyl Cellulose 30% Overlapp 2
18	760	148 - ATN Polymers	U_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose		Hydroxypropyl Methyl Cellulose 30% Overlapp 2
19	760	148 - ATN Polymers	U_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose		Hydroxypropyl Methyl Cellulose 30% Overlapp 2
20	760	8 - W Polymers	MEMBRAN		Membrane Film ATR-FTIR Spectrum
21	760	110 - ATN Polymers	U_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose		Hydroxypropyl Methyl Cellulose 30% Overlapp 2
22	760	15 - W Polymers	RAYON		Rayon Film ATR-FTIR Spectrum
23	760	6 - W Polymers	COTTON		Cotton Film ATR-FTIR Spectrum
24	750	11 - ATN Polymers	U_Nylon6		Nylon 6 (1210) Overlapp 2
25	750	12 - W Polymers	W_Polymers		Overlapp 2
26	750	11 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
27	750	21 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
28	750	8 - Y Polymers	Y_Polymers		Overlapp 2
29	750	1 - W Polymers	W_Polymers		Overlapp 2
30	750	14 - ATN Polymers	U_Nylon66		Nylon 66 (1210) Overlapp 2

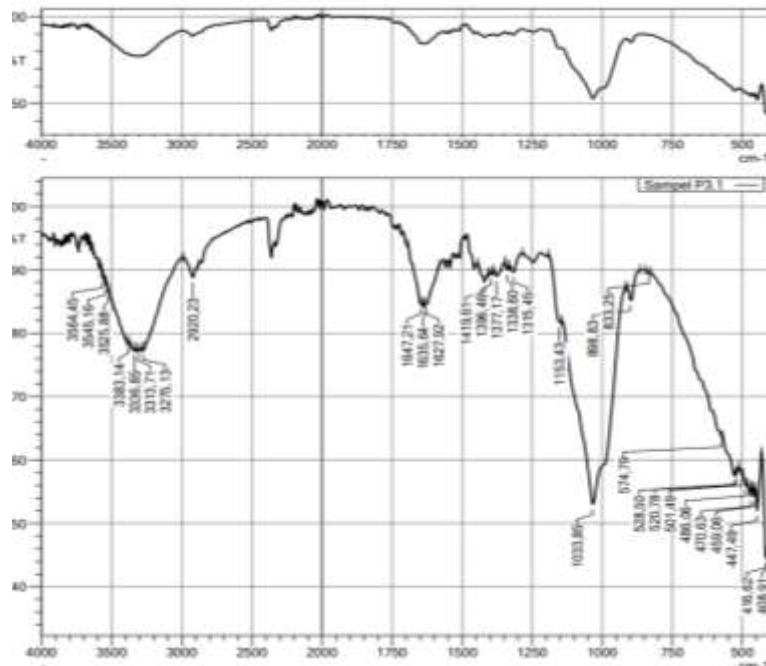
Lampiran 1. 3 Hitlist Sampel P2



Lampiran 1. 4 Graph Sampel P2

Score	Library	Name	Comment
817	3 - ATN.Polymer2	3_Celulosa2	Paper_MullerBerg2R.2
808	114 - ATN.Polymer2	3_Tenax	Tenax(2)ZS294(2)Compositio
801	11 - ATN.Polymer2	3_Celulosa4	BembergCupri2_DuxDerg2R.2
794	10 - ATN.Polymer2	3_Celulosa3	Celulose_DuxDerg2R.2
785	12 - T.Polymer2	3_Kapas	Kapas_Tramenon(Minneapolis)
785	12 - ATN.Polymer2	3_Celulosa2	Kapas_DuxDerg2R.2
772	10 - T.Polymer2	Celulose	Celulose_Tramenon(Minneapolis)
771	145 - T.Polymer2	1_Tenax	Tenax(2)ZS294(2)Compositio
769	9 - T.Polymer2	Paper	Paper_Tramenon(Minneapolis)
767	11 - T.Polymer2	Capa	BembergCupri2
761	6 - Wa.Polymer2	CELLON4	Tramenon(Minneapolis)
759	3 - Wa.Polymer2	AMBIK	Celulose
758	27 - ATN.Polymer2	3_Polysulfone	ATRISpectrum_ATRNormalized
744	4 - T.Organic2	Search	Polysulfone_DuxDerg2R.2
741	63 - Wa.Polymer2	SEPC4	Sealant_Paper_Tramenon
741	6 - Wa.Polymer2	COFFIN	Celulose_Paper
731	4 - ATN.Polymer2	3_Tenax	ATRISpectrum_ATRNormalized
728	111 - ATN.Polymer2	3_Ukay_Celulosa	Sealant_Paper_DuxDerg2R.2
728	27 - ATN.Polymer2	3_MgSO4	MgSO4_Celulose(Minneapolis)
726	5 - Wa.Polymer2	SEMBERG	Sealant_Paper(Minneapolis) 940
725	26 - T.Organic2	1_NaH2PO4	Sealant_Paper
724	104 - ATN.Polymer2	3_Sulfonamide	BembergCupri2_Paper
723	22 - ATN.Polymer2	3_Protein2	ATRISpectrum_ATRNormalized
720	62 - Wa.Polymer2	KASIR	Sealant_Paper
720	27 - T.Polymer2	Polyacrylate	ATRISpectrum_ATRNormalized
722	108 - ATN.Polymer2	3_Hydroxybut_Methyl_Celulosa	Polyacrylate_Tramenon(Minneapolis)
721	110 - ATN.Polymer2	3_Hydroxybut_Methyl_Celulosa	Hydroxybutyl Methyl Celulosa(5% Methoxy) 20%Water(50%) DuxDerg2R.2
719	23 - ATN.Polymer2	3_C2O4	Hydroxybutyl Methyl Celulosa(10% Hydroxybutyl, 20% Methoxy) DuxDerg2R.2
718	21 - ATN.Polymer2	3_Protein	Compositio_C2O4 5420 DuxDerg2R.2
718	1 - T.Organic2	Latex Monomale	Compositio_Paper_DuxDerg2R.2
718	1 - T.Organic2	Latex Monomale	Latex Monomale_Tramenon

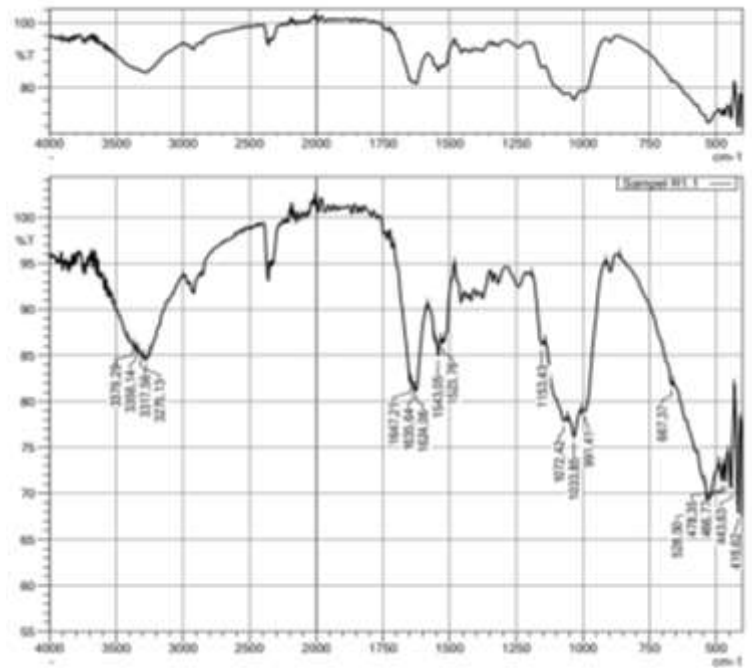
Lampiran 1. 5 Hitlist Sampel P3



Lampiran 1. 6 Graph Sampel P3

Score	Library	Name	Compound
1 784	22 - ATR-Polymer2	D_Polysta	Polystyrene (Styrene Powder)
2 781	21 - ATR-Polymer2	D_Polysta1	Polystyrene 2
3 780	181 - ATR-Polymer2	D_Zen	Polystyrene (Styrene Powder) Duralangp88
4 780	8 - ATR-Polymer2	D_Cekkasel	Zen Purified Duralangp88.8
5 780	22 - Y-Polymer2	Ray Beer Powder	Polystyrene Beer Powder
6 780	21 - Y-Polymer2	Nissan H46	Polystyrene Beer Powder
7 756	114 - ATR-Polymer2	D_Teracel	Teracel(LN250) Composites
8 754	11 - ATR-Polymer2	D_Cekkasel	Duralangp88.8
9 750	10 - ATR-Polymer2	D_Cekkasel	Teracel(LN250) Composites
10 728	10 - Ru-Polymer2	BNR	Polystyrene Beer Powder
11 724	12 - ATR-Polymer2	D_Cekkasel	Nissan Duralangp88.8
12 719	12 - Y-Polymer2	Qilin	Teracel(LN250) Composites
13 710	143 - Y-Polymer2	Y_Teracel	Teracel(LN250) Composites
14 709	11 - Y-Polymer2	Carve	Teracel(LN250) Composites
15 707	1 - Ru-Polymer2	AGROC	Teracel(LN250) Composites
16 706	72 - Ru-Polymer2	WOOD	Wood Film
17 706	27 - ATR-Polymer2	D_Polystyrene	Polystyrene Duralangp88.8
18 704	8 - Ru-Polymer2	CELLUPHA	Polystyrene Duralangp88.8
19 704			ATRIbandant ATRReacted
20 702	8 - Y-Polymer2	Fiber	Polystyrene Beer Powder
21 702	130 - ATR-Polymer2	D_Polymeroxide2	Polystyrene Beer Powder
22 700	26 - Y-Polymer2	T_NAGARRODASA	Polystyrene Beer Powder
23 701	22 - ATR-Samples2	D_Mg104	Polystyrene Beer Powder
24 697	33 - ATR-Samples2	D_KO3 (Kali)	Polystyrene Beer Powder
25 696	63 - Ru-Polymer2	RAYON	Polystyrene Beer Powder
26 691	12 - ATR-Polymer2	D_Polyamide1	Polystyrene Beer Powder
27 691	27 - Y-Polymer2	Polyamide2	Polystyrene Beer Powder
28 690	2 - ATR-Samples2	D_Sepul	Polystyrene Beer Powder
29 689	31 - ATR-Samples2	D_11M1 Sulfat	Polystyrene Beer Powder

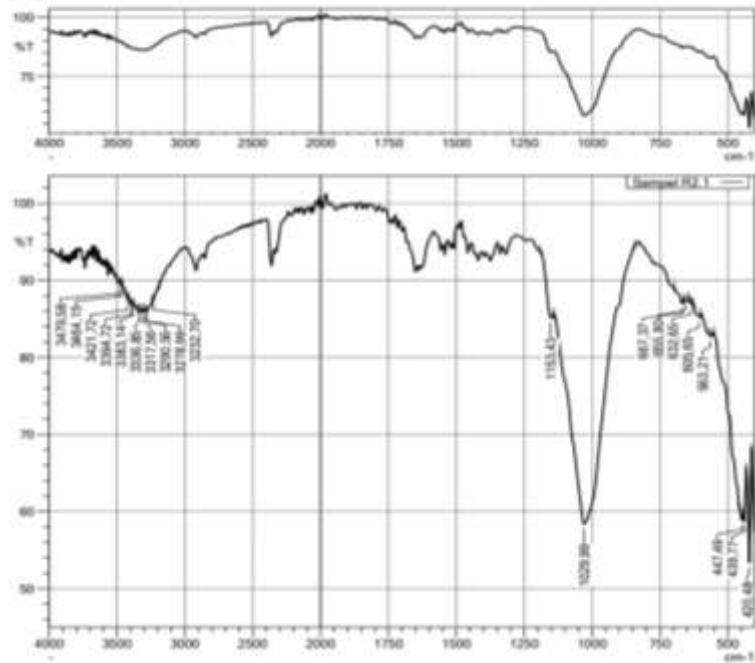
Lampiran 1. 7 Hitlist Sampel R1



Lampiran 1. 8 Graph Sampel R1

No	Score	Library	Name	Comment
1	791	174 - ATR-Polymer2	D_Tenax	Tenax(EZ90) Gasparation DursiangPR II
2	786	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	Paper DursiangPR II
3	785	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	BerjangCapri DursiangPR II
4	785	8 - ATR-Polymer2	Glass	Glass Transmisi
5	785	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	Carta DursiangPR II
6	785	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose1	Paper DursiangPR II
7	785	4 - ATR-Polymer2	D_Sand	Sekam Kasir DursiangPR II
8	754	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose/Methocel comend 370 DursiangPR II
9	754	4 - T-Polymer2	Rami	Caikah Rami Transmisi
10	753	184 - ATR-Polymer2	D_Methocelase	Methylcellulose DursiangPR II
11	751	12 - T-Polymer2	Rami	Rami Transmisi/Microcam
12	747	8 - Wa Polymer2	CELLOPHAN	Cellulose ATRRevised
13	741	108 - ATR-Polymer2	D_HydroxyMethyl_Cellulose	Hydroxymethyl Methyl Cellulose(9% Hydroxybutyl, 20%Methoxy) DursiangPR II
14	736	26 - T-Polymer2	T_NaKAM3400484	NaKAM3400484 Transmisi/Microcam, Paj No. B-20, Ulanmasri, CAS No. 1759-37-9
15	736	116 - ATR-Polymer2	D_Hydroxyethyl_Methyl_Cellulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose(19% Hydroxyethyl, 32% Methoxy) DursiangPR II
16	734	12 - T-Polymer2	Capri	Carta Transmisi/Microcam
17	734	143 - T-Polymer2	T_Tenax	Tenax(EZ90) Gasparation Transmisi/Microcam
18	727	11 - T-Polymer2	Capri	Berjang(Capri) Transmisi/Microcam
19	722	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmisi/Microcam
20	720	8 - T-Polymer2	Glass1	Glass Transmisi
21	717	83 - Wa Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATRRevised
22	715	8 - Wa Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATRRevised
23	715	8 - Wa Polymer2	SEMMERG	BerjangCapri Fiber ATRRevised
24	713	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacrylate	Polyacrylate DursiangPR II
25	712	11 - T-Polymer2	NaKAM3	NaKAM3(1120) Transmisi
26	710	82 - Wa Polymer2	SAMIC	Rayon Fiber ATRRevised
27	708	11 - ATR-Polymer2	D_NaKAM3	NaKAM3(1120) DursiangPR II
28	698	34 - ATR-Polymer2	D_NaKAM3400484	NaKAM3400484 DursiangPR II, Paj No. B-20, Ulanmasri, CAS No. 1759-37-9
29	698	3 - T-Polymer2	TALI	TALI(MASING)200 Transmisi
30	698	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Rice Powder) DursiangPR II

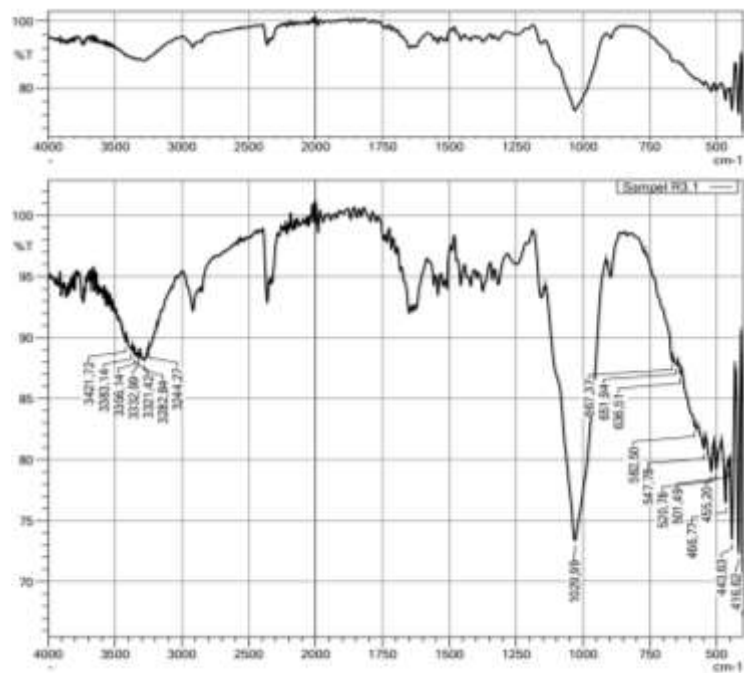
Lampiran 1. 9 Hitlist Sampel R2



Lampiran 1. 10 Graph Sampel R2

No	Sum	Library	Name	Comment
1	707	1 - ATR Polymer	O_Celkonek	Paper_DundangR3.2
2	708	10 - ATR Polymer	O_Tenax	Penard.242942_Corparator
3	709	11 - ATR Polymer	O_Celkonek	Berling_Cupak_DundangR3.1
4	710	12 - ATR Polymer	O_Celkonek	Celan_DundangR3.2
5	711	13 - ATR Polymer	O_Celkonek	Garas_DundangR3.1
6	712	14 - ATR Polymer	O_Celkonek	Garas_DundangR3.2
7	713	15 - ATR Polymer	O_Celkonek	Garas_DundangR3.1
8	714	16 - ATR Polymer	O_Metyl_Celkonek	Metyl_Celkonek_Mechanik_Corpar
9	715	17 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
10	716	18 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
11	717	19 - ATR Polymer	O_Metabulokase	Metabulokase_DundangR3.1
12	718	20 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
13	719	21 - ATR Polymer	O_HydroxyMetyl_Celkonek	HydroxyMetyl_CelkonekR3.1
14	720	22 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
15	721	23 - ATR Polymer	O_HydroxyMetyl_Celkonek	HydroxyMetyl_CelkonekR3.2
16	722	24 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
17	723	25 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
18	724	26 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
19	725	27 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
20	726	28 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
21	727	29 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
22	728	30 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
23	729	31 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
24	730	32 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
25	731	33 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
26	732	34 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
27	733	35 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
28	734	36 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
29	735	37 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
30	736	38 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
31	737	39 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
32	738	40 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
33	739	41 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
34	740	42 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
35	741	43 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
36	742	44 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
37	743	45 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
38	744	46 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
39	745	47 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
40	746	48 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
41	747	49 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
42	748	50 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
43	749	51 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
44	750	52 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
45	751	53 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
46	752	54 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
47	753	55 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
48	754	56 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
49	755	57 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
50	756	58 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
51	757	59 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
52	758	60 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
53	759	61 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
54	760	62 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
55	761	63 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
56	762	64 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
57	763	65 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
58	764	66 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
59	765	67 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
60	766	68 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
61	767	69 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
62	768	70 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
63	769	71 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
64	770	72 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
65	771	73 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
66	772	74 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
67	773	75 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
68	774	76 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
69	775	77 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
70	776	78 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
71	777	79 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
72	778	80 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
73	779	81 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
74	780	82 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
75	781	83 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
76	782	84 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
77	783	85 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
78	784	86 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
79	785	87 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
80	786	88 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
81	787	89 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
82	788	90 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
83	789	91 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
84	790	92 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
85	791	93 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
86	792	94 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
87	793	95 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
88	794	96 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
89	795	97 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
90	796	98 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
91	797	99 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator
92	798	100 - ATR Polymer	O_Celkonek	Penard.242942_Corparator

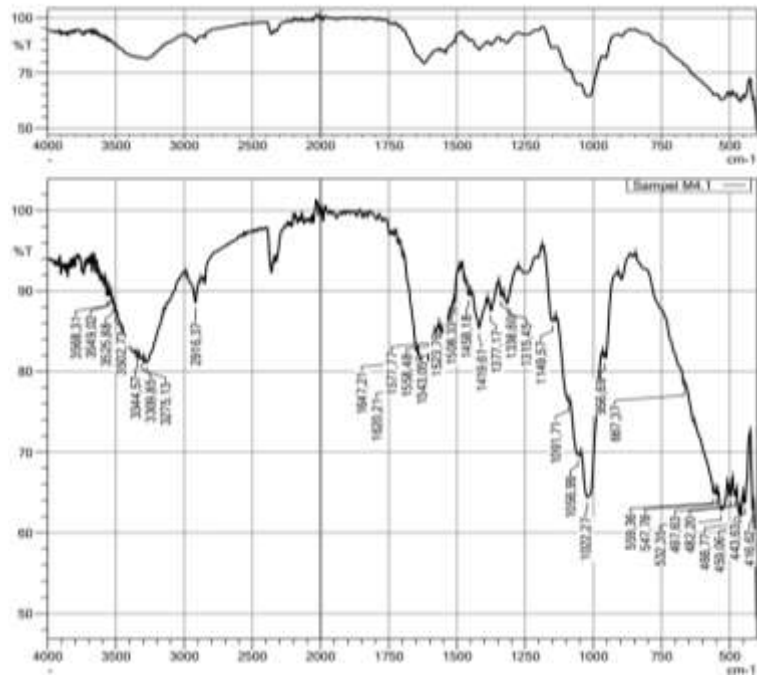
Lampiran 1. 11 Hitlist Sampel R3



Lampiran 1. 12 Graph Sampel R3

Score	Library	Name	Comment
1	760	11 - ATB Polymer2	D_Celkased
2	764	104 - ATB Polymer2	O_Tarcel
3	768	10 - ATB Polymer2	O_Celkased
4	768	8 - ATB Polymer2	O_Celkased
5	769	12 - ATB Polymer2	O_Celkased
6	763	8 - Wa Polymer2	CELLOFEX ATRRevised ATRRevised
7	761	12 - Y Polymer2	Ravac
8	767	111 - ATB Polymer2	O_Methyl_Celkased
9	767	111 - ATB Polymer2	O_Methyl_Celkased
10	763	143 - Y Polymer2	Y_Tarcel
11	760	104 - ATB Polymer2	O_Methylcelkased
12	760	22 - ATB Polymer2	O_Promerol
13	760	4 - Y Polymer2	Starch
14	767	10 - Y Polymer2	Colin
15	768	2 - Wa Polymer2	ATBAC Avicel gran Fib
16	719	21 - ATB Polymer2	D_Himani
17	718	62 - Wa Polymer2	RAYON ATRRevised ATRRevised
18	718	46 - ATB Polymer2	O_Algin
19	717	8 - Y Polymer2	Page
20	717	108 - ATB Polymer2	D_Hydroxyethyl_Methyl_Celkased
21	718	8 - Wa Polymer2	COTTON ATRRevised ATRRevised
22	714	11 - Y Polymer2	Caps
23	712	3 - Y Polymer2	VALI
24	710	5 - Wa Polymer2	DEMBING ATRRevised ATRRevised
25	708	103 - ATB Polymer2	O_Zen
26	708	110 - ATB Polymer2	D_Hydroxyethyl_Methyl_Celkased
27	703	27 - ATB Polymer2	D_Polysilylene
28	703	136 - ATB Polymer2	O_Polysilylene-2
29	704	38 - Y Polymer2	Y_Algin
30	700	22 - Y Polymer2	Soy Bean Powder

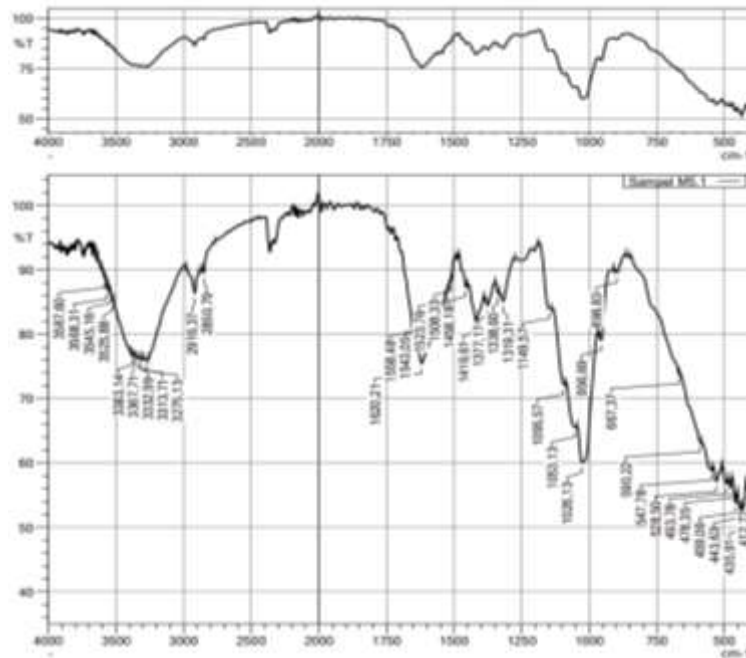
Lampiran 1. 13 Hitlist Sampel M4



Lampiran 1. 14 Graph Sampel M4

	Score	Library	Name	Compound
1	750	174 - ATR-Polymer	D_Tenax	Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
2	709	11 - ATR-Polymer	D_Celulose	Cellulose(Cigna) Duralang#11
3	701	16 - ATR-Polymer	D_Celulose	Cellulose(Cigna) Duralang#11
4	700	8 - IR-Polymer	CELLULOSE	Cellulose ATRAdvanced ATRAdvanced
5	704	12 - Y-Polymer	Starch	Starch_Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
6	702	8 - ATR-Polymer	D_Celulose	Cellulose(Cigna) Duralang#11
7	701	16 - ATR-Polymer	D_Celulose	Cellulose(Cigna) Duralang#11
8	707	11 - Y-Polymer	Starch	Starch_Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
9	746	143 - Y-Polymer	T_Tenax	Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
10	745	111 - ATR-Polymer	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methocel) Duralang#11
11	742	46 - ATR-Organic	D_Agri	Agri Acid Sodium Salt Duralang#11
12	741	14 - Y-Polymer	Cellulose	Cellulose_Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
13	740	4 - Y-Polymer	Starch	Starch_Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
14	738	164 - ATR-Polymer	D_Methylcellulose	Methylcellulose Duralang#11
15	737	8 - Y-Polymer	Starch	Starch_Tenax(LENZING Corporation) Duralang#11
16	733	8 - IR-Polymer	COTTON	Cotton Fiber ATRAdvanced ATRAdvanced
17	733	108 - ATR-Polymer	D_Polyacrylate-1	Polyacrylate(Celvolon) Duralang#11
18	733	36 - Y-Organic	T_Agri	Agri Acid Sodium Salt Duralang#11
19	730	65 - IR-Polymer	RAYON	Rayon Fiber ATRAdvanced ATRAdvanced
20	730	11 - Y-Polymer	Carna	Cellulose(Cigna) Duralang#11
21	728	1 - IR-Polymer	SEIBERG	Seiberg(Cigna) Fiber ATRAdvanced ATRAdvanced
22	708	108 - ATR-Polymer	D_Hydroxyethyl_Methyl_Cellulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose(HC) Duralang#11
23	704	23 - ATR-Polymer	D_Protein-1	Protein(Sea-Flour) Duralang#11
24	702	27 - ATR-Polymer	D_Polyacrylate	Polyacrylate Duralang#11
25	702	117 - ATR-Polymer	D_Polyacrylate-1	Polyacrylate(Celvolon) Duralang#11
26	700	3 - IR-Polymer	ARABIC	Arabic gum Film
27	704	27 - Y-Polymer	Polyacrylate	Polyacrylate Duralang#11
28	708	110 - ATR-Polymer	D_Hydroxyethyl_Methyl_Cellulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose(HC) Duralang#11
29	702	62 - IR-Polymer	NABEE	Nabee Fiber ATRAdvanced ATRAdvanced

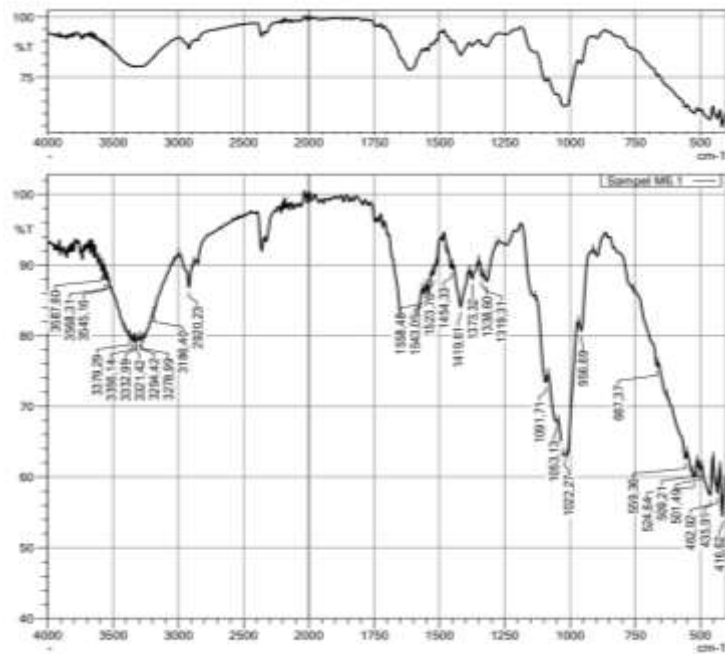
Lampiran 1. 15 Hitlist Sampel M5



Lampiran 1. 16 Graph Sampel M5

No	Keas	Labors	Name	Comment
1	760	04 - ATB Polymer	S_Tenax	Tenax(DL2540 Composite) Dursberg 2
2	768	11 - ATB Polymer	D_Celkaset	Polystyrene Dursberg 2
3	769	11 - ATB Polymer	D_Celkaset	Polystyrene Dursberg 2
4	760	8 - Wu Polymer	CDLDPNA	Cellulose ATBdama ATBdama
5	748	46 - ATB Polymer	S_Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
6	744	36 - Y Polymer	T_Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
7	744	8 - ATB Polymer	D_Celkaset	Polystyrene Dursberg 2
8	741	12 - ATB Polymer	D_Celkaset	Polystyrene Dursberg 2
9	738	17 - Y Polymer	Agri 2	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
10	736	111 - ATB Polymer	D_Metyl_Celkase	Metyl Celkaset Dursberg 2
11	730	07 - Y Polymer	Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
12	726	2 - Y Polymer	Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
13	728	164 - ATB Polymer	D_Methylkase	Methylkase Dursberg 2
14	727	8 - Wu Polymer	CDLDPNA	Cellulose ATBdama ATBdama
15	727	138 - ATB Polymer	D_Polyester-2	Polyester Cellulose Dursberg 2
16	716	143 - Y Polymer	T_Tenax	Tenax(DL2540 Composite) Dursberg 2
17	715	8 - Y Polymer	Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
18	714	65 - Wu Polymer	CDLDPNA	Cellulose ATBdama ATBdama
19	714	10 - Y Polymer	Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
20	712	127 - ATB Polymer	D_Polyester-1	Polyester Cellulose Dursberg 2
21	711	08 - ATB Polymer	D_Hydroxy Metyl_Celkase	Hydroxy Metyl Celkaset Dursberg 2
22	704	1 - Wu Polymer	CDLDPNA	Cellulose ATBdama ATBdama
23	702	1 - Y Polymer	Agri	Agri Acid Sodium Salt Dursberg 2
24	702	24 - ATB Polymer	D_Polimer	Polimer Dursberg 2
25	702	110 - ATB Polymer	D_Hydroxy Metyl_Celkase	Hydroxy Metyl Celkaset Dursberg 2
26	702	27 - ATB Polymer	D_Polyester	Polyester Dursberg 2
27	701	6 - Wu Polymer	CDLDPNA	Cellulose ATBdama ATBdama
28	700	1 - Wu Polymer	CDLDPNA	Cellulose ATBdama ATBdama
29	700	27 - Y Polymer	Polyester	Polyester Dursberg 2

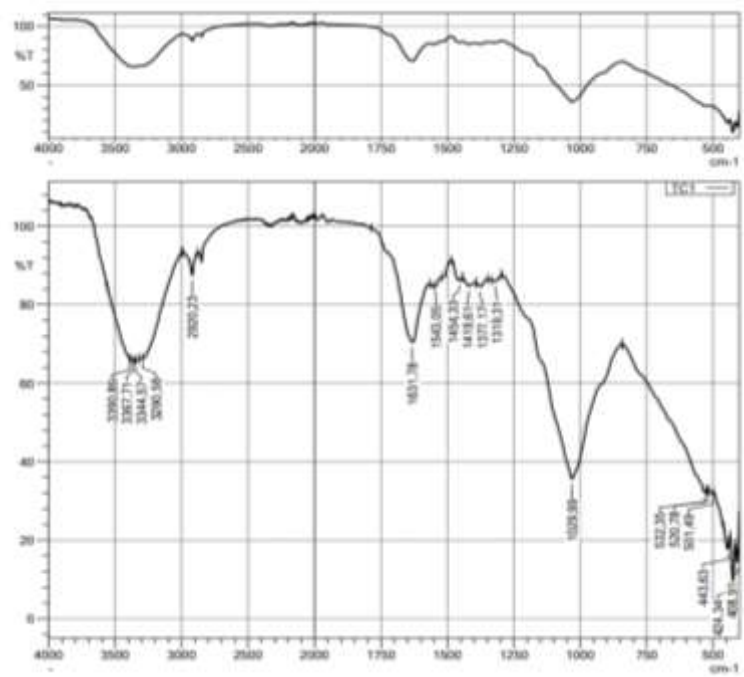
Lampiran 1. 17 Hitlist Sampel M6



Lampiran 1. 18 Graph Sampel M6

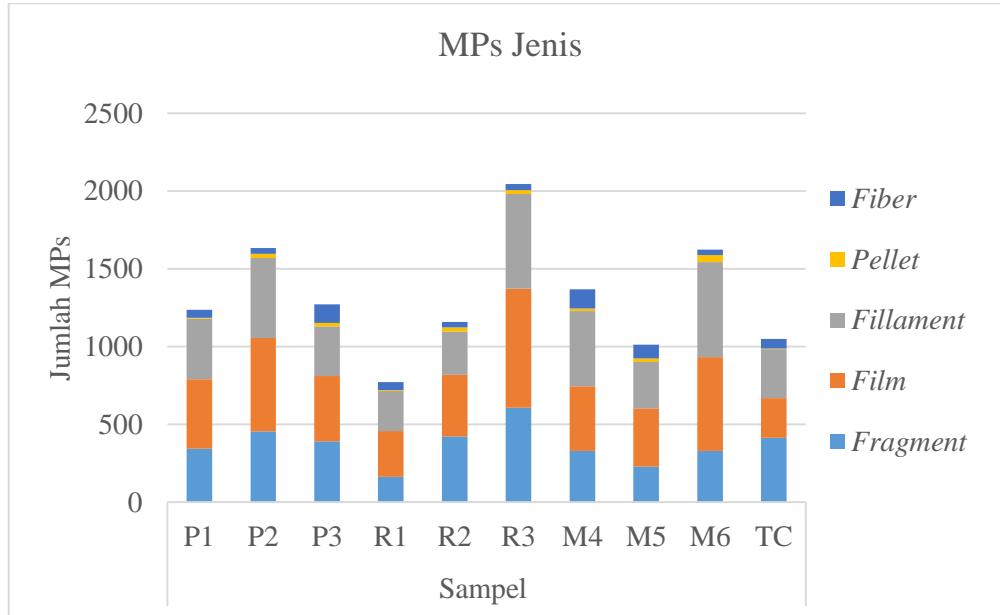
#	Scan	Library	Class	Name	Comment
1	407	116 - ATN Polymer	C_Celulose	Cellulose	Trans(1,2)Diol (Copolymers)
2	408	11 - ATN Polymer	C_Celulose	Cellulose	Dextran(100)
3	409	142 - T Polymer	C_Celulose	Cellulose	Trans(1,2)Diol (Copolymers)
4	410	12 - T Polymer	None	None	Trans(1,2)Diol (Copolymers)
5	411	8 - ATN Polymer	C_Celulose	Cellulose	None
6	794	117 - ATN Polymer	C_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose(Methocel)	30% Dextran(100)
7	794	11 - T Polymer	Caps	Caps	30% Dextran(100)
8	794	12 - T Polymer	Cellul	Cellul	Trans(1,2)Diol (Copolymers)
9	794	14 - ATN Polymer	C_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose	30% Dextran(100)
10	794	15 - T Polymer	None	None	30% Dextran(100)
11	794	17 - ATN Polymer	C_Celulose	Cellulose	Cellulose Dextran(100)
12	794	17 - ATN Polymer	C_Polysiloxane	Polysiloxane	Polysiloxane Dextran(100)
13	794	106 - ATN Polymer	C_Hydroxyethyl_Methyl_Celulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose(30% Dextran(100))
14	794	27 - T Polymer	Polysiloxane	Polysiloxane	Dextran(100)
15	794	110 - ATN Polymer	C_Hydroxyethyl_Methyl_Celulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose	Hydroxyethyl Methyl Cellulose(30% Dextran(100))
16	794	14 - ATN Polymer	C_Celulose	Cellulose	None
17	794	8 - M Polymer	CELLULOSE	CELLULOSE	Cellulose
18	794	22 - ATN Polymer	C_Protein	Protein	ATN(100) ATN(100)
19	794	22 - T Polymer	Soy Bean Powder	Soy Bean Powder	ATN(100) ATN(100)
20	794	21 - ATN Polymer	C_Protein	Protein	Protein(100) ATN(100) Dextran(100)
21	794	8 - M Polymer	SEMI-CELLULOSE	SEMI-CELLULOSE	SEMI-CELLULOSE
22	794	7 - ATN Polymer	C_Celulose1	Cellulose	Hydroxyethyl Cellulose(HPC)
23	794	81 - M Polymer	KAYON	KAYON	None
24	794	136 - ATN Polymer	C_Polyacrylamide-2	Polyacrylamide-2	Polyacrylamide(100)
25	794	9 - M Polymer	COTTON	COTTON	ATN(100) ATN(100)
26	794	137 - ATN Polymer	C_Polyacrylamide-1	Polyacrylamide-1	Polyacrylamide(100)
27	794	82 - ATN Polymer	C_Cellulose	Cellulose	Dextran(100)
28	794	110 - T Polymer	C_Methyl_Celulose	Methyl Cellulose	None
29	794	106 - ATN Polymer	C_Hydroxyethyl_Celulose	Hydroxyethyl Cellulose	Hydroxyethyl Cellulose
30	794	131 - T Polymer	C_Polyacrylamide-1	Polyacrylamide-1	Polyacrylamide(100)

Lampiran 1. 19 Hitlist Tanah Kontrol

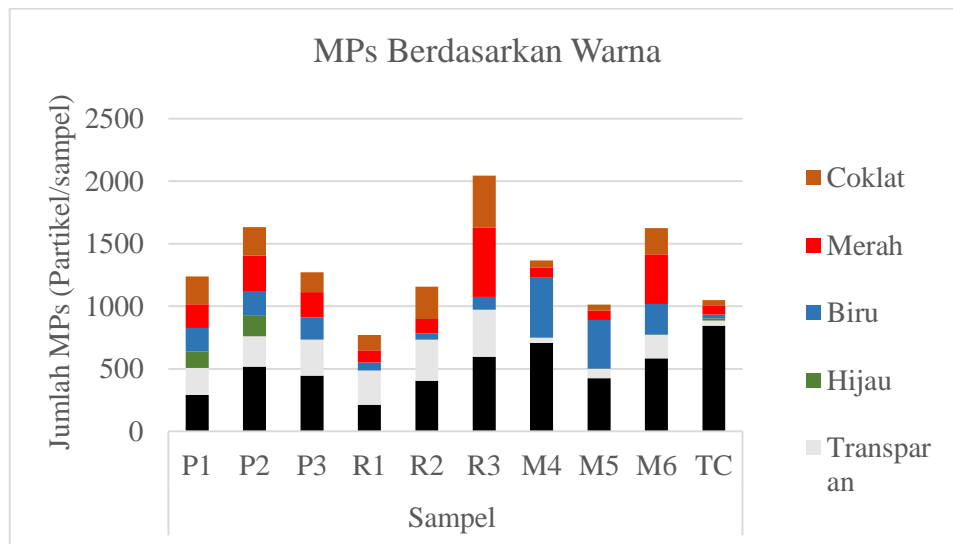


Lampiran 1. 20 Graph Tanah Kontrol

## 2. Hasil Analisis Data Triplo



**Lampiran 2. 1** MPs Berdasarkan Jenis pada Sampel Penelitian



**Lampiran 2. 2** MPs Berdasarkan Warna pada Sampel Penelitian

### 3. Daftar Kehadiran Seminar Hasil

Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia

#### Daftar Hadir Mahasiswa Seminar Proposal / Hasil/ Tugas Akhir/ KP

Periode : 2  
Hari, Tanggal : Jumat, 1 Maret 2024  
Nama/NIM Mhs : Annisa Yumna Azahro / 20513131  
Judul Proposal : Identifikasi Mikroplystik Pada Frass Ulat Jerman (Tephobas morio)

No.	Nama	NIM	Tanda Tangan
1.	Indita Ratna Pratiwi	21513179	
2.	Anggito Putra Wibisono	20513085	
3.	Muraini Lakshorini	20511280	
4.	Tolan Cic Sapiah	20513100	
5.	Ripdahun Habbalah	20511293	
6.	Khoirah Afia	20513190	
7.	Ahmad Pikri Prasopo	20513092	
8.	Madhifah Wafir Z.	20513076	
9.	Laila Rizky R.	20513068	
10.	Kamilla Qurrota A	20513051	
11.	Fathiahuz Zahra R.	20923161	
12.	Ikhshan Tei P.	20513128	
13.	Rahmania Duc	20513089	
14.	Frisma Bella	20511212	
15.	Salsabilla Mathania P	20513196	
16.	Lalu Sangga Wiwangsa	20513083	
17.	Mujaturohmah	20511262	
18.	Ayudhia Surya Taufiq R	20513220	
19.	Daffa Fainuz Tsany	20321168	
20.	Annalia Hardiyanti P	20513099	
21.	Fauzida Arpani	20513127	

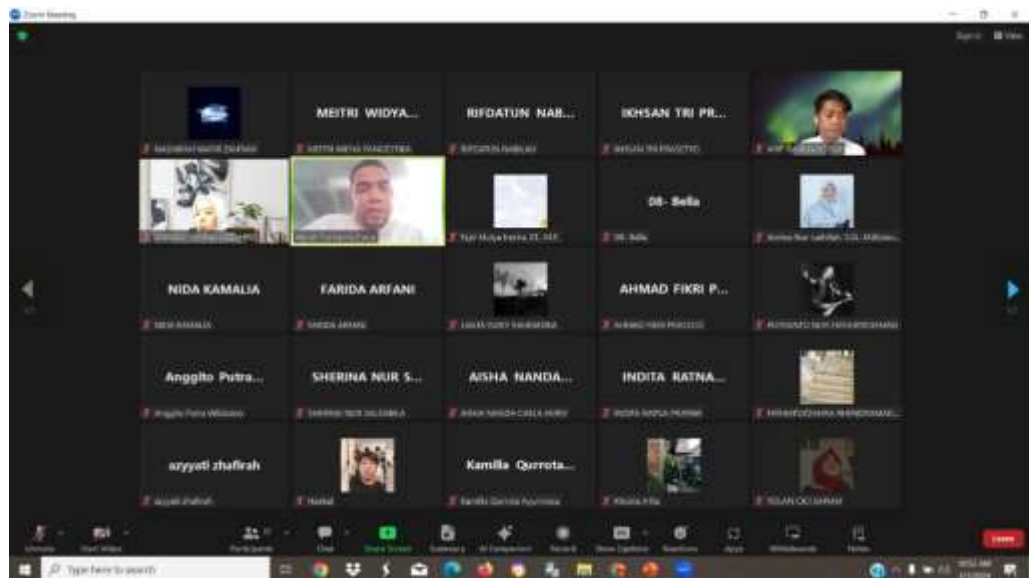
Dosen Pengarah

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

### Lampiran 3. 1 Daftar Hadir Audience Seminar Hasil

Timestamp	NAMA LENGKAP	NIM
3/1/2024 9:40:02	Indita Ratna Pratiwi	21513174
3/1/2024 9:40:22	Anggito Putra Wibisono	20513085
3/1/2024 9:42:34	Nuraini Laksonisi	20511280
3/1/2024 9:43:21	Yolan cici sapiah	20513100
3/1/2024 9:43:37	Rifdatun Nabilah	20511243
3/1/2024 9:46:28	Khoirra Alfa	20513190
3/1/2024 9:47:54	AHMAD FIKRI PRASOJO	20513092
3/1/2024 9:49:18	Nadhifah Wafir Zahrah	20513076
3/1/2024 9:49:18	Laila Rizky Rahmatika	20513068
3/1/2024 9:51:07	Kamilia Qurrota Ayyunnissa	20513051
3/1/2024 9:53:34	Faihiabuzzahra Rhondramadany	20423161
3/1/2024 9:54:44	Ikhlan Tri Prasetyo	20513128
3/1/2024 9:56:37	Rahmatia Due	20513084
3/1/2024 9:56:46	Friska bella	20511212
3/1/2024 9:59:31	Salsabila Nathania Putri	20513146
3/1/2024 10:03:03	Lalu Sangga Wiwangsa	20513088
3/1/2024 10:04:35	Allia Marva	5201211032
3/1/2024 10:07:03	MAJFATURROHMAH	20511262
3/1/2024 10:07:57	MAJFATURROHMAH	20511262
3/1/2024 10:08:56	Ayudhia Surya Taufiq Rahma	20523220
3/1/2024 10:11:03	daffa fairuz tsany	20321168
3/1/2024 10:17:10	Amalia Hardiyanti Putri	20513094
3/1/2024 10:46:29	Farida Arfani	20513227
3/1/2024 10:49:25	M Yunus Hanafi	02120146650
3/1/2024 10:56:08	Ayudhia Surya Taufiq Rahma	20523220

Lampiran 3. 2 Rekapan Absensi G-form Audience



Lampiran 3. 3 Bukti Screenshoot Zoom Seminar Hasil

Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia

Berita Acara  
Seminar ~~Proposal~~ / Hasil Tugas Akhir

Periode : 2  
Hari, Tanggal : Jumat, 1 Maret 2024  
Nama/NIM Mhs : Annisa Yumna Azahro / 20513131  
Judul Proposal : Identifikasi Mikroplastik Pada Frass Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Berdasarkan penilaian Dosen Pembimbing dan Pengarah, maka Proposal/ Hasil Tugas Akhir Mahasiswa tersebut diatas: ~~ditolak/diterima~~ \*diterima\* dengan syarat dan revisi:

Dosen I = Fajri Mulya Iresha. S.T., M.T., Ph.D

1. Penjelasan mengenai hubungan pakan dengan mikroplastik.

Dosen II = Dr.Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng

1. Deskripsi sampel ditambahkan alur penelitian sebelumnya dan daftar pustaka
2. Hubungan parameter fisik dengan ~~pakan~~ mikroplastik.
3. tambahkan penelitian lain terkait hasil penelitian.
4. Kesimpulan dalam bentuk poin
5. Penjelasan terkait pengaruh pakan dengan mikroplastik.

Dosen III = Annisa Nur Lathifah, S.Si., M Biotech., M Agr., Ph.D

1. Sistematisa Penulisan Abstrak
2. Penyajian Data menjadi data rerata
3. Ditambahkan referensi perhitungan kelimpahan mikroplastik.
4. Ditambahkan penjelasan perlakuan sampel pada metode.
5. Tanah kontrol disampaikan tanah kompos organik.
6. Pembahasan terkait tujuan dari penelitian ini dibalukan.

Lampiran 3. 4 Berita Acara Seminar Hasil

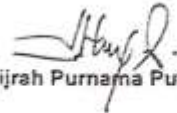
Dosen Pengarah dan Pembimbing:

Dosen I



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

Dosen II



( Dr.Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng )

Dosen III



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

*\*Coret yang tidak perlu*

### Lampiran 3. 5 Lembar Pengesahan Berita Acara Seminar Hasil

## **RIWAYAT HIDUP**

Annisa Yumna Azzahro lahir di Kudus, Jawa Tengah pada tanggal 29 September 2002. Penulis merupakan anak ke dua dari empat bersaudara yang merupakan anak dari Bapak Sayid Yunanta dan Ibu Sri Murni. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis yaitu mulai dari SDIT Al-Islam Kudus (2008-2014), SMPIT Nurul Islam Tenganan (2014-2017), MAS Husnul Khotimah Kuningan (2017-2020), dan pada masa perkuliahan sejak 2020 menempuh studi di jenjang Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif diberbagai kegiatan akademik maupun non akademik. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di salah satu pabrik kertas yang terletak di Kudus, Jawa Tengah yaitu PT.Pura Group pada bulan Maret 2023 hingga bulan April 2023. Dalam kegiatan nonakademik, penulis aktif di berbagai kepanitiaan yaitu sebagai Organizing Committee (OC) Lintas Lingkungan 2021 bidang Dana dan Usaha, sebagai pengurus harian bendahara pada kegiatan Gelar Pekan Olahraga Mahasiswa FTSP UII (GELORASEMA) pada tahun 2022.

Selain kepanitiaan kegiatan, penulis juga aktif dalam organisasi tingkat fakultas yaitu sebagai staff bidang Kajian Strategis Lembaga Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (LEM FTSP UII) periode 2021/2022, sebagai staff bidang Syi'ar Lembaga Dakwah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan LDF Al-Mustanir) periode 2021/2022, dan sebagai Wakil Bendahara Umum bidang Pengurus Inti Lembaga Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (LEM FTSP UII) periode 2022/2023.