TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KEBERADAAN MIKROPLASTIK PADA KOMPOS DI TPS 3R KABUPATEN SLEMAN UTARA DAN BARAT, D.I YOGYAKARTA.

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

INTAN DEWI ZAHRA
20513142

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI KEBERADAAN MIKROPLASTIK PADA KOMPOS DI TPS 3R KABUPATEN SLEMAN UTARA DAN BARAT, D.I YOGYAKARTA

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

INTAN DEWI ZAHRA
20513142

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.	**Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.**
NIK. 095130404	**NIK. 155130507**
Tanggal: 21/10 '2024	Tanggal: 21/10 24

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng)., Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 22/10 24

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI KEBERADAAN MIKROPLASTIK PADA KOMPOS DI TPS 3R KABUPATEN SLEMAN UTARA DAN BARAT, D.I YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tangggal : 21 Oktober 2024

Disusun Oleh:

INTAN DEWI ZAHRA
20513142

Tim Penguji :

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

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

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. ( )

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 21 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Intan Dewi Zahra

NIM: 20513142

PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"Identifikasi Keberadaan Mikroplastik pada Kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman Utara dan Barat, D.I Yogyakarta"**. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini, banyak tantangan dan hambatan yang dihadapi oleh penulis. Namun, tantangan dan hambatan tersebut dapat dilalui oleh penulis berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun spiritual. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kesehatan, kekuatan, kelancaran dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan II tugas akhir yang telah memberikan ilmu, masukan, serta bimbingan selama masa pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan arahan dalam penulisan laporan agar lebih baik dan sempurna.
4. Seluruh dosen, staff, laboran, dan Keluarga Besar 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. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, semangat, dan kepercayaan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini khususnya kedua orang tua, yaitu Bapak Ted Suyani dan Ibu Kusna Sri Hartinah.
6. Teman-teman seperjuangan topik penelitian mikroplastik dan seperbimbingan yang sudah banyak memberikan dukungan serta bantuan sejak awal proses pengerjaan tugas akhir hingga selesai.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun, baik untuk penulis maupun laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, Oktober 2024

Penulis,



Intan Dewi Zahra

ABSTRAK

INTAN DEWI ZAHRA. Identifikasi Keberadaan Mikroplastik pada Kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman Utara dan Barat, D.I Yogyakarta. Dibimbing oleh Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Plastik merupakan produk yang memiliki banyak keunggulan dan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik yang mengalami degradasi oleh sinar ultraviolet, panas, mikroba, dan oksidasi akan menghasilkan plastik berukuran <5 mm yang disebut mikroplastik. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini untuk mengidentifikasi keberadaan mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, warna pada sampel uji kompos serta menganalisis jenis senyawa polimer mikroplastik. Penelitian ini dilakukan pada TPS 3R di Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta yang memproduksi kompos. Metode pengujian yang digunakan mengacu pada metode *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang sudah dimodifikasi. Identifikasi jumlah dan warna mikroplastik dilakukan dengan mikroskop, sedangkan untuk mengetahui jenis senyawa polimer digunakan spektrofotometri FT-IR. Berdasarkan hasil penelitian, jumlah mikroplastik pada sampel uji kompos yang ditemukan berbeda-beda, termasuk banyak bentuk dan warnanya. Jumlah mikroplastik paling banyak ditemukan pada sampel LM sebanyak 6034 partikel. Bentuk mikroplastik yang ditemukan, yaitu fiber, fragment, film, pellet, dan foam dengan bentuk yang mendominasi yaitu fragment dengan jumlah 2318 partikel. Sedangkan variasi warna mikroplastik yang ditemukan, yaitu biru, cokelat, hijau, hitam, merah, kuning, dan transparan. Warna mikroplastik yang mendominasi adalah transparan dengan jumlah 1620 partikel. Pada pengujian dengan Spektrofotometri FT-IR, jenis polimer yang teridentifikasi yaitu *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Polypropylene* (PP), *Polycarbonate* (PC), *Nylon*, *Polystyrene* (PS), *High Density Polyethylene* (HDPE), dan *Low Density Polyethylene* (LDPE).

Kata kunci: Kompos, Mikroplastik, Mikroskop, Spektrofotometri FT-IR, TPS3R.

ABSTRACT

INTAN DEWI ZAHRA. *Identification of Microplastics Content in Compost Products from TPS 3R in North and West Sleman Regency, D.I Yogyakarta*. *Supervised by* Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Plastic has numerous advantages and is widely used in daily life. Plastic degraded by ultraviolet light, heat, microbes, and oxidation will produce plastic particles smaller than 5 mm, known as microplastics. This research aims to identify the presence of microplastics based on the amount, types, and colors of microplastics in compost and to analyze the polymer compounds of microplastics. This research was conducted at TPS 3R in Sleman Regency, D.I Yogyakarta, which produces compost. The test method refers to a modified National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) method. Microplastic quantity and color were identified using a microscope, while the polymer compound types were determined using FT-IR spectrophotometry. Based on the research results, the number of microplastics found in the compost samples varied, including the number of types and colors. The highest number of microplastics was found in the LM sample with 6034 particles. The types of microplastics found were fiber, fragment, film, pellet, and foam, with fragments being the most dominant type with a total of 2318 particles. The color variations of microplastics discovered were blue, brown, green, black, red, yellow, and transparent. The most predominant colors were transparent with a total of 1620 particles. In the FT-IR spectroscopy analysis, polymer compounds were identified: Polytetrafluorethylene (PTFE), Polypropylene (PP), Polycarbonate (PC), Nylon, Polystyrene (PS), High Density Polyethylene (HDPE), dan Low Density Polyethylene (LDPE).

Keywords: *Compost, FT-IR Spectrophotometry, Microplastics, Microscope, TPS3R.*

.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN i
PENGANTAR ii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Tempat Pengolahan Sampah *Reduce*, *Reuse*, dan *Recycle* (TPS 3R) 5
2.2 Kompos 6
2.3 Pengomposan 6
2.3.1 Pemilahan 6
2.3.2 Pencacahan 7
2.3.3 Pengomposan 7
2.3.4 Pengayakan 8
2.3.5 Pengemasan 9
2.4 Mikroplastik 9
2.4.1 Bentuk Mikroplastik 9
2.4.2 Sumber Mikroplastik 11
2.4.3 Dampak Mikroplastik 11
2.4.4 Proses Pembentukan Mikroplastik 11
2.4.5 Jenis Polimer Mikroplastik 12
2.5 Mikroplastik Pada Kompos 13

2.6 Penelitian Terdahulu 14
BAB III METODE PENELITIAN 17
3.1 Kerangka Penelitian 17
3.2 Waktu dan Lokasi 18
3.3 Metode Identifikasi Mikroplastik pada Sampel Kompos 19
3.4 Alat dan Bahan 20
3.4.1 Alat 20
3.4.2 Bahan 20
3.5 Pengumpulan Data 21
3.6 Pengambilan Sampel 21
3.7 Preparasi Sampel 22
3.8 Analisis Sampel 26
3.8.1 Mikroskop 26
3.8.2 Spektrofotometri FT-IR 27
3.9 Analisis Data 27
3.9.1 Pengamatan Dengan Mikroskop 27
3.9.2 Pengujian Dengan Spektrofotometri FT-IR 28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 30
4.1 Aktivitas Pembuatan Kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman 30
4.1.1 TPS 3R Kenanga Merdiko 30
4.1.2 TPS 3R Bumdes Amarta 31
4.1.3 TPS 3R Asri Murakrambi 32
4.1.4 TPS 3R Limbah Makmur 33
4.1.5 TPS 3R Gambir Asri 34
4.2 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Bentuk, dan Warna 39
4.2.1 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah 39
4.2.2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk 45
4.2.3 Mikroplastik Berdasarkan Warna 52
4.3 Jenis Polimer Dalam Mikroplastik 57
4.4 Hubungan Aktivitas Pengomposan dengan Karakteristik Mikroplastik dan Jenis Senyawa Polimer 61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 68
5.1 Kesimpulan 68
5.2 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70
LAMPIRAN 81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk 9
Tabel 2. 2 Jenis Mikroplastik yang Banyak Ditemukan dan Densitasnya 10
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu 14
Tabel 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Kompos TPS 3R di Kabupaten Sleman18
Tabel 3. 2 Alat Pengujian 20
Tabel 3. 3 Bahan Pengujian 21
Tabel 3. 4 Jenis Polimer Berdasarkan Karakteristik Nilai Puncak FT-IR..... 28
Tabel 4. 1 Lokasi TPS 3R dan Teknik Pembuatan Kompos 38
Tabel 4. 2 Jumlah Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol..... 39
Tabel 4. 3 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Rerata Duplo 41
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol 43
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Persentase Mikroplastik Berdasarkan Bentuk pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol 49
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Persentase Mikroplastik Berdasarkan Warna Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol 53
Tabel 4. 7 Hasil Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Warna pada Sampel Kompos TPS 3R dan Tanah Kontrol 56
Tabel 4. 8 Pendugaan Jenis Polimer pada Sampel Kompos..... 59
Tabel 4. 9 Hubungan Antara Aktivitas Pengomposan dengan Karakteristik Mikroplastik dan Jenis Senyawa Polimer 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Mikroplastik (a) fiber, (b) pellet, (c) film, (d) fragment, (e) foam, dan (f) microbeads..... 10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Penelitian 17
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Identifikasi Mikroplastik pada Sampel Kompos..... 19
Gambar 3. 3 Proses Pengeringan Sampel Menggunakan Oven 22
Gambar 3. 4 (a) Proses Pengayakan Sampel Kompos dan (b) Proses Penimbangan Sampel Kompos..... 23
Gambar 3. 5 Proses Pemisahan Densitas..... 24
Gambar 3. 6 Proses Centrifuge Sampel..... 24
Gambar 3. 7 Proses Wet Peroxide Oxidation Sampel..... 25
Gambar 3. 8 Proses Penyaringan dengan Vacuum..... 26
Gambar 3. 9 Analisis Sampel dengan Mikroskop..... 27
Gambar 4. 1 Proses Pemilahan di TPS 3R: (a) Manual dan (b) Dengan Mesin 35
Gambar 4. 2 Proses Pencacahan di TPS 3R: (a) Mesin Pencacah dan (b) Mesin Cacah Pilah..... 36
Gambar 4. 3 Proses Pengomposan di TPS 3R: (a) EM4 dan (b) Open Windrow.. 36
Gambar 4. 4 Proses Pengayakan di TPS 3R dengan Mesin Pengayak..... 37
Gambar 4. 5 Pengemasan Kompos TPS 3R..... 37
Gambar 4. 6 Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol Berdasarkan Jumlah..... 40
Gambar 4. 7 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Rerata Duplo 42
Gambar 4. 8 Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol..... 43
Gambar 4. 9 Mikroplastik Bentuk Fiber 45

Gambar 4. 10 Mikroplastik Bentuk Fragment 46
Gambar 4. 11 Mikroplastik Bentuk Film 47
Gambar 4. 12 Mikroplastik Bentuk Pellet 47
Gambar 4. 13 Mikroplastik Bentuk Foam 48
Gambar 4. 14 Persentase Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol Berdasarkan Bentuk..... 50
Gambar 4. 15 Persentase Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol Berdasarkan Warna 54
Gambar 4. 16 Hasil Uji FT-IR: (a) KM, (b) BA, (c) AM, (d) LM, (e) GA, ... 58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kodisi Eksisting TPS 3R Kenanga Merdiko 81
Lampiran 2. Kodisi Eksisting TPS 3R Bumdes Amarta 81
Lampiran 3. Kodisi Eksisting TPS 3R Asri Murakrambi 82
Lampiran 4. Kodisi Eksisting TPS 3R Limbah Makmur 82
Lampiran 5. Kodisi Eksisting TPS 3R Gambir Asri 83
Lampiran 6. Kompos Kontrol 83

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan suatu produk yang memiliki sifat ringan, kuat, tahan lama, tahan korosi, mudah diolah, dan memiliki sifat anti air (Li & Wang, 2021; Zhang & Liu, 2018). Dari keunggulan tersebut, plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari serta berbagai industri. Berdasarkan Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Tahun 2023, jumlah timbulan sampah di Indonesia mencapai 38,8 juta ton per tahun. dimana 19,19% atau 7,4 juta ton dari timbulan tersebut adalah sampah plastik. Akibat dari penggunaan plastik yang sangat masif, banyak masalah lingkungan yang timbul, seperti penyebaran plastik pada laut dan tanah (Wang dkk., 2019). Menurut Zhang dkk. (2021), plastik akan menjadi potongan atau serpihan kecil bernama mikroplastik akibat dari degdradasi oleh sinar matahari, oksidasi, ataupun abrasi mekanik.

Mikroplastik merupakan segala jenis pecahan plastik, serat, atau *beads* dengan diameter berkisar antara 100 nm hingga <5mm (Alimi dkk., 2018; Arthur dkk., 2009). Mikroplastik terbagi ke dalam enam bentuk berdasarkan karakteristik dan morfologinya, yaitu fiber, pellet, film, fragment, foams, dan *microbeads*. Mikroplastik berdasarkan sumbernya, yaitu primer atau sekunder (Wright dkk., 2013). Mikroplastik primer yaitu bahan mikro yang diproduksi, sedangkan mikroplastik sekunder adalah hasil dari penguraian sampah plastik yang lebih besar (Duis & Coors, 2016). Mikroplastik dapat ditemukan di lingkungan perairan, baik asin maupun tawar, darat, dan tubuh organisme (Zhang & Liu, 2018). Penelitian terkait mikroplastik di darat, tepatnya pada kompos telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti stasiun pengomposan sampah domestik (Gui dkk., 2021), olahan sampah organik di Pusat Pengelolaan Sampah (Sholokhova dkk., 2022), dan fraksi organik kompos dari limbah padat kota (Edo dkk., 2022).

Kompos adalah pupuk organik yang dihasilkan melalui beberapa proses, diantaranya, yaitu penguraian, pelapukan, dan pembusukan bahan organik secara lambat akibat adanya aktivitas mikroorganisme. Proses pengomposan dapat

dilakukan dengan cara aerob maupun anaerob, bergantung dengan kondisi lingkungannya. Metode pengomposan yang digunakan dapat berupa metode windrow, bata berongga, dan vermikomposting (Afifah dkk., 2021). Pengomposan biasanya dapat dilakukan secara individu maupun organisasi, seperti pada TPS 3R.

TPS 3R atau Tempat Pengelolaan Sampah dengan konsep *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali), dan *recycle* (mendaur ulang) merupakan salah satu upaya pemerintah untuk mengurangi beban sampah yang akan diolah di TPA. Pengelolaan sampah di TPS 3R dapat dilakukan secara manual maupun dengan mesin. Tahapan yang dilakukan yaitu pemilahan sampah, pencacahan, pengomposan, pengayakan, dan pengemasan. Sampah organik akan diolah menjadi kompos, sedangkan sampah anorganik akan didaur ulang menjadi produk lain yang bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi (Sarwo dkk., 2023).

Kompos yang diolah di TPS 3R dapat menjadi salah satu sumber masuknya mikroplastik ke dalam tanah apabila bahan baku yang digunakan terkontaminasi oleh bahan plastik (Rodrigues dkk., 2020). Hal ini dapat terjadi apabila fasilitas di TPS 3R masih belum bisa memisahkan bahan plastik dengan bahan organik secara maksimal. Mikroplastik yang terkandung dalam kompos dan dilepaskan ke tanah akan terakumulasi dan akan mempengaruhi pertumbuhan serta reproduksi organisme tanah maupun keanekaragaman hayati. Mikroplastik yang terserap oleh tumbuhan berpotensi ikut terbawa ke dalam tubuh manusia melalui konsumsi makanan, sehingga keberadaan mikroplastik dalam tanaman akan berdampak pada kesehatan manusia.

Penelitian terkait keberadaan mikroplastik dalam kompos telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Gui dkk. (2021) terkait keberadaan mikroplastik dalam kompos yang berasal dari dua stasiun pengomposan sampah domestik menunjukkan adanya cemaran mikroplastik. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sholokhova dkk. (2022) juga menunjukkan adanya kelimpahan mikroplastik pada olahan sampah organik di Pusat Pengelolaan Sampah Regional Kaunas dan Alytus. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Edo dkk. (2022) menyebutkan adanya cemaran mikroplastik pada fraksi organik kompos dari limbah padat kota. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat

diketahui bahwa terdapat potensi pencemaran mikroplastik pada kompos yang dihasilkan oleh stasiun pengolahan sampah, termasuk pada TPS 3R di Kabupaten Sleman.

Metode yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian "Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman Utara dan Barat, D.I Yogyakarta" yaitu berdasarkan studi literatur dan penelitian-penelitian sebelumnya terkait dengan mikroplastik. Dalam penelitian sebelumnya terkait mikroplastik pada kompos masih terbatas dan belum dilakukan identifikasi keberadaan mikroplastik pada kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman. Tujuan dari penelitian ini untuk menguraikan aktivitas pembuatan kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman dan mengidentifikasi keberadaan mikroplastik pada kompos berdasarkan jumlah, bentuk, warna, dan jenis polimernya. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat kandungan mikroplastik dalam kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman karena kompos yang dihasilkan nantinya akan dijual dan dimanfaatkan oleh masyarakat. Sehingga untuk menghindari adanya pencemaran mikroplastik pada tanah yang lebih luas, perlu adanya tahapan lanjutan untuk menghilangkan kandungan mikroplastik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Bagaimana aktivitas pembuatan kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman?
2) Bagaimana keberadaan mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, dan warnanya yang terdapat pada kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman?
3) Bagaimana hasil identifikasi jenis polimer yang ditemukan pada sampel kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Menguraikan aktivitas pembuatan kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman.
2) Mengidentifikasi mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, dan warna yang terdapat pada kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman.
3) Mengidentifikasi jenis polimer yang terkandung dalam sampel kompos TPS 3R Kabupaten Sleman.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada pemangku kebijakan terkait pengolahan kompos yang baik dan minim polutan di TPS 3R.
2) Penelitian ini diharapkan dapat memutus jalur penyebaran mikroplastik ke lingkungan dan makhluk hidup.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Penelitian hanya dilakukan di TPS 3R Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta yang menghasilkan produk kompos.
2) Kabupaten Sleman yang menjadi lokasi penelitian adalah Kapanewon Sleman, Kapanewon Tempel, Kapanewon Turi, dan Kapanewon Pakem.
3) Sampel yang digunakan untuk pengujian adalah produk akhir kompos dari TPS 3R Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pengolahan Sampah *Reduce, Reuse,* dan *Recycle* (TPS 3R)

Berdasarkan Petunjuk Teknis TPS 3R (2023), TPS 3R atau Tempat Pengelolaan Sampah dengan konsep *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali), dan *recycle* (mendaur ulang) merupakan salah satu upaya pemerintah untuk mengurangi beban sampah atau memperbaiki karakteristik sampah yang nantinya akan diolah lebih lanjut di TPA. Tujuan dari TPS 3R bukan untuk menghasilkan suatu produk, tetapi untuk memaksimalkan sampah yang bisa diolah sehingga residu yang dihasilkan sangat minimal dan mengurangi kebutuhan penyediaan lahan TPA. Dalam rangkaian pelaksanaan pengelolaan sampah, TPS 3R merupakan bagian dari pengolahan dan TPA adalah bagian dari pemrosesan akhir.

Infrastruktur TPS 3R terdiri dari beberapa bangunan, diantaranya yaitu area penerimaan atau *dropping area*, area pemilahan, area pencacahan, area pengolahan sampah organik, gudang penyimpanan produk, area penyimpanan residu, dan kantor atau ruang pengelola. Sarana yang digunakan untuk pengumpulan sampah berupa gerobak sampah dan motor sampah. Area pemilahan sampah dilengkapi dengan meja pilah atau *conveyor*, area pengolahan sampah organik dilengkapi dengan alat pengomposan, mesin pencacah sampah organik, dan mesin pengayak kompos. Sedangkan area pengolahan sampah anorganik dilengkapi dengan alat mesin *press* plastik dan area daur ulang.

Setiap tahunnya, jumlah TPS 3R di Indonesia mengalami peningkatan khususnya di Kabupaten Sleman. Berdasarkan Data Laporan Akhir Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Sleman pada tahun 2023, diketahui bahwa terdapat sebanyak 34 unit TPS 3R yang tersebar di Kabupaten Sleman. Jumlah TPS 3R yang berada di masing-masing Kapanewon yaitu Ngaglik sebanyak 5 unit, Sleman sebanyak 4 unit, dan Kalasan sebanyak 3 unit. Kemudian Berbah, Cangkringan, Depok, Gamping, Ngemplak, Pakem, Prambanan, Tempel, dan Turi sebanyak 2 unit. Sedangkan Minggir, Mlati, Moyudan, dan Seyegan 1 unit. Dalam

situasi darurat sampah saat ini, operasional TPS 3R tidak bisa berjalan dengan maksimal, sehingga menyebabkan beberapa TPS 3R yang tidak lagi aktif melakukan pengolahan sampah. Sampah yang diolah di TPS 3R Kabupaten Sleman merupakan sampah organik dan anorganik dari pemukiman penduduk.

2.2 Kompos

Kompos adalah pupuk organik yang dihasilkan melalui proses penguraian, pelapukan, dan pembusukan bahan organik secara lambat yang akibat adanya aktivitas mikroorganisme (Wahyuningsih dkk., 2023). Kompos memiliki manfaat yang sangat baik bagi tanah, salah satunya adalah sebagai *soil conditioner* atau berfungsi memperbaiki struktur dan tekstur tanah, menambah unsur hara, dan menjaga fungsi tanah sebagai media tumbuhnya tanaman.

2.3 Pengomposan

Pengomposan merupakan suatu proses pengolahan sampah melalui proses biologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik baik secara aerobik maupun anaerobik (Saraswati & Praptana, 2017). Pembuatan kompos membutuhkan waktu, kelembaban, dan suhu yang tepat untuk mendapatkan hasil kompos yang baik dan cepat. Selain hal-hal tersebut, campuran bahan, aerasi, penambahan aktivator dan air merupakan hal yang juga perlu diperhatikan.

Proses pengomposan dimulai dari tercampurnya bahan-bahan yang akan digunakan sebagai kompos. Tahap pengomposan terbagi menjadi dua, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Pada tahap pertama yaitu tahap aktif, senyawa yang mudah didegradasi oleh mikroba akan langsung dimanfaatkan sehingga suhu kompos akan naik dengan cepat. Pada suhu yang tinggi akan terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba termofilik. Ketika sebagian besar bahan organik sudah terurai, suhu akan mengalami penurunan dan akan masuk dalam tahap selanjutnya, yaitu tahap pematangan. Proses pematangan kompos yaitu adanya pengurangan volume dan berat dari kompos hingga 30-40%.

2.3.1 Pemilahan

Pemilahan sampah merupakan suatu aktivitas memisahkan sampah yang masuk ke lokasi berdasarkan jenis dan karakteristiknya. Aktivitas ini memiliki

tujuan untuk mempermudah pengolahan sampah dengan memisahkan sampah organik yang akan digunakan sebagai bahan baku pengomposan dan bahan anorganik yang akan didaur ulang. Kegiatan pemilahan sampah dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu secara manual dengan ditempatkan di atas meja pilah dan dilakukan oleh pekerja serta secara mekanis dengan bantuan *conveyor* dan mesin pilah.

2.3.2 Pencacahan

Aktivitas pencacahan memiliki tujuan untuk mengecilkan bentuk serta ukuran dari sampah organik sehingga akan mempercepat proses pengomposan (Abdillah, 2018). Pencacahan bahan baku pengomposan akan memberikan kemudahan akses untuk mikroorganisme pengurai memecah bahan baku. Pencacahan juga akan meminimalisir adanya gumpalan pada tumpukan kompos yang akan menghambat sirkulasi dan memperlambat proses pengomposan. Pencacahan sampah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara manual dengan tenaga pekerja dan dengan bantuan mesin.

2.3.3 Pengomposan

Berikut ini merupakan metode pengomposan yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Metode *Open Windrow* (Aerator Bambu)

   Metode windrow merupakan metode pengomposan dengan sistem terbuka yang dilakukan dengan ditumpuk dan diberikan angin. Metode ini memiliki biaya operasional yang rendah, perawatannya efisien, dan memiliki desain serta cara pengoperasian yang sederhana (Hemidat dkk., 2018). Dalam pengomposan dengan metode *windrow* diperlukan pengadukan secara manual untuk meningkatkan aerasi, memastikan pencampuran yang tepat, dan menghilangkan kelembaban. Pengomposan dengan metode ini banyak digunakan karena prosesnya yang efisien, singkat, sederhana, biaya murah serta mampu mengurangi emisi GRK (Kong dkk., 2018).

2. Metode Takakura

   Metode Takakura merupakan metode yang sudah banyak digunakan karena praktis dan tidak membutuhkan tempat yang luas (Dewilda dkk., 2021). Metode ini memanfaatkan lubang sebagai jalan keluar masuknya

udara, sehingga proses pengomposan akan bergantung pada cuaca (Ruslinda dkk., 2021). Wadah yang digunakan dalam pengomposan metode ini adalah kotak berukuran kecil yang sudah terkandung substrat fermentasi (Jiménez-Antillón dkk., 2018).

3. Metode *Composting Bag*

Composting Bag merupakan suatu wadah yang berbahan dasar material tahan UV dan fleksibel. Metode pengomposan ini sangat cocok dilakukan pada area yang terbatas karena wadahnya yang fleksibel dan dapat dipakai berkali-kali. Selain itu, proses pengomposan dengan metode ini menggunakan teknik aerasi atau windrow sehingga tidak menghasilkan busuk dan mudah dipanen (Yu dkk., 2019). Pertukaran oksigen dalam *composting bag* dapat dilakukan melalui pintu dan jendela yang ada dibagian bawah.

4. Metode Vermicomposting

Metode Vermicomposting merupakan metode pengomposan yang menggunakan metode degradasi secara biologi dengan memanfaatkan cacing tanah. Proses komposting metode ini terbagi dalam dua tahap, pertama cacing tanah akan terdegradasi dan bercampur dengan limbah organik sehingga luas permukaan akan bertambah dan mempercepat dekomposisi. Tahap selanjutnya limbah yang telah dikonsumsi oleh cacing akan didekomposisi oleh mikroba. Dalam melakukan metode ini, pengadukan secara manual perlu dilakukan untuk menghindari gas beracun. Pengomposan dengan metode ini membutuhkan media seperti jerami dan padi untuk diletakkan dalam wadah.

2.3.4 Pengayakan

Pengayakan merupakan kegiatan memisahkan sampah yang sudah matang dengan sampah yang belum menjadi kompos. Tujuan dilakukannya kegiatan ini adalah untuk menyeragamkan atau mendapatkan ukuran partikel kompos yang diinginkan sehingga produk kompos yang didapatkan terhindar dari bahan lainnya yang tidak diinginkan. Proses pengayakan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu manual dengan tenaga pekerja dan dengan menggunakan bantuan mesin.

2.3.5 Pengemasan

Pengemasan merupakan tahapan akhir dari pembuatan kompos. Pada tahap ini, produk akhir kompos akan dilakukan pengemasan sesuai dengan ukuran yang dikehendaki dan siap dipasarkan. Kemasan yang digunakan pada produk akhir kompos ini biasanya adalah plastik dan karung.

2.4 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan jenis plastik yang memiliki ukuran <5 mm dan sebagian besar berasal dari penguraian plastik berukuran besar atau makroplastik dan mesoplastik (Yona dkk., 2020). Mikroplastik merupakan segala jenis pecahan plastik, serat, atau *beads* dengan diameter berkisar antara 100 nm hingga <5 mm (Alimi dkk., 2018; Arthur dkk., 2009). Berdasarkan ukurannya, mikroplastik dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu ukuran besar (1-5 mm) dan ukuran kecil (<1mm) (Sari, 2018). Mikroplastik memiliki ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat lainnya yang sangat bervariasi. Berdasarkan Ayuningtyas dkk. (2019), mikroplastik merupakan komponen yang sangat sulit didegradasi karena sifatnya yang persisten.

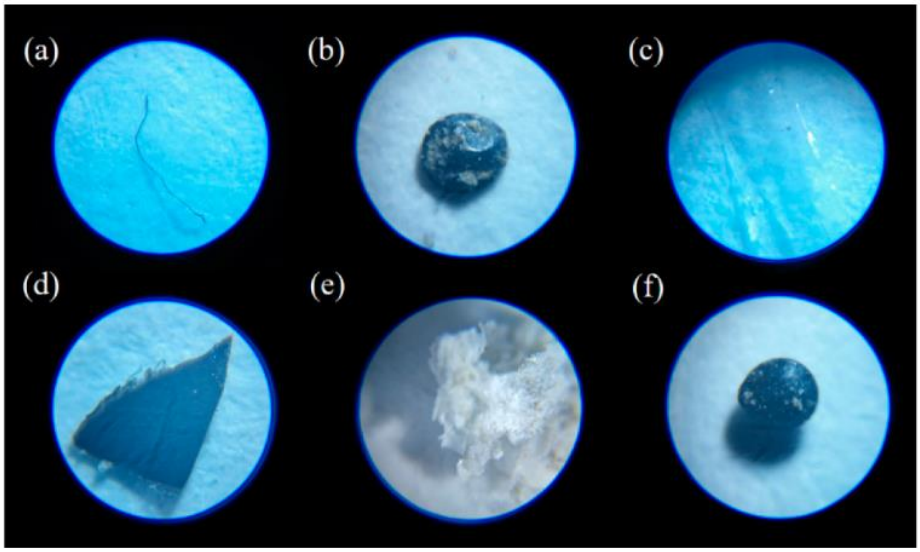
2.4.1 Bentuk Mikroplastik

Berdasarkan Widianarko & Hantoro (2018), mikroplastik terbagi ke dalam enam bentuk berdasarkan karakteristik dan morfologinya, yaitu fragment, fiber, film, foams, dan pellet. Klasifikasi mikroplastik berdasarkan bentuknya dapat dilihat pada **Tabel 2.1.** Sedangkan gambar masing-masing bentuk mikroplastik dapat dilihat pada **Gambar 2.1.**

Tabel 2. 1 Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Bentuk Mikroplastik	Istilah Lain yang Digunakan
Fragmen	Bentuk bulu, partikel tidak beraturan, bubuk, kristal, potongan, serpihan, granula
Serat	Benang, helaian, mikrofiber, filamen
Busa	Polistiren
Manik-manik	Bulatan mikro, bulatan manik kecil, biji
Butiran	Nurdles, nib, butiran resinat

Sumber: Widianarko dan Hantoro, 2018



Gambar 2. 1 Bentuk Mikroplastik (a) fiber, (b) pellet, (c) film, (d) *fragment*, (e) *foam*, dan (f) *microbeads*.

Sumber: Fakour dkk., 2021

Tabel 2. 2 Jenis Mikroplastik yang Banyak Ditemukan dan Densitasnya

Tipe Plastik	**Densitas (g/cm-3)**
Polyethylene	0,917 – 0,965
Polypropylene	0,9 – 0,91
Polystyrene	1,04 – 1,1
Polyamide (nylon)	1,02 – 1,05
Polyester	1,24 – 2,3
Acrylic	1,09 – 1,2
Polyoximetylene	1,41 – 1,61
Polyvinyl alcohol	1,19 – 1,31
Polyvinyl chloride	1,16 – 1,58
Poly methylacylate	1,17 – 1,2
Polyethylene terephthalate	1,37 – 1,45
Alkyd	1,24 – 2,1
Polyurethane	1,2

Sumber: Hidalgo-Ruz dkk., 2012

2.4.2 Sumber Mikroplastik

Mikroplastik berasal dari sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik dan dibuang ke lingkungan. Berdasarkan sumbernya, mikroplastik dapat terbagi dalam dua kelompok, yaitu primer dan sekunder (Duis & Coors, 2016; Avio dkk., 2017; Bradney dkk., 2019). Mikroplastik primer yaitu plastik yang diproduksi dalam ukuran mikro partikel atau kecil seperti *microbeads*. Sedangkan mikroplastik sekunder adalah hasil degradasi dan fragmentasi plastik berukuran besar oleh sinar ultraviolet, panas, dan mikroba (Ratnasari, 2017). Mikroplastik primer seperti *microbeads* banyak ditemukan pada produk kecantikan dan produk kebersihan, pelet pakan hewan, dan sebagainya. Sedangkan mikroplastik sekunder berasal dari jala ikan, peralatan rumah tangga, serat sintetis dari pencucian pakaian, pelapukan produk plastik, dan sebagainya (Browne dkk., 2011).

2.4.3 Dampak Mikroplastik

Menurut Barboza dkk. (2018), mikroplastik adalah polutan yang memiliki dampak negatif pada berbagai aspek, seperti aspek sosial, ekonomi, dan ekologi. Plastik merupakan produk turunan minyak bumi yang tersusun dari monomer dan zat adiktif yang dapat memberikan dampak terhadap organisme yang ada di lingkungan. Senyawa plastik memiliki sifat yang persisten dan dapat mengakumulasi senyawa toksik hidrofobik yang terserap dengan konsentrasi yang tinggi (Kumar dkk., 2020). Mikroplastik dapat memberikan gangguan pada organisme yang terpapar dari segi toksisitas dan menyebabkan gangguan enzim serta hormon, memberikan gangguan pertumbuhan, memberikan dampak mutagenik, dan karsinogenik (Permatasari dkk., 2020).

2.4.4 Proses Pembentukan Mikroplastik

Mikroplastik merupakan salah satu jenis plastik yang terbentuk dari dekomposisi plastik yang disebabkan oleh sinar ultraviolet (Hanif dkk., 2021). Biodegradasi plastik dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor abiotik merupakan radiasi ultraviolet, suhu, dan tekanan atmosfer yang terjadi dalam waktu lama. Faktor biotik dipengaruhi oleh mikroorganisme pengurai yang ada di lingkungan yang dapat mempercepat penguraian. Selama proses degradasi secara fisik ini berlangsung, limbah

mikroplastik akan mengalami perubahan seperti berkurangnya kepekatan warna (*discolour*), menjadi lebih lunak, dan mudah hancur dengan berjalannya waktu. Pengaruh mekanis proses degradasi plastik yaitu angin, gelombang laut, gigitan hewan, dan aktivitas manusia yang dapat menghancurkan bentuk plastik ke dalam bentuk fragmen-fragmen (GESAMP, 2015).

2.4.5 Jenis Polimer Mikroplastik

Plastik merupakan bahan polimer yang terbentuk pada suhu dan tekanan tertentu (Lusher dkk., 2017) serta melibatkan reaksi kimia antara monomer hidrogen dan karbon sebelum ditambahkan senyawa kimia lainnya untuk mendapatkan senyawa polimer hidrokarbon yang persisten dengan tingkat elastisitas yang baik (Ahmad dkk., 2021). Plastik berdasarkan jenisnya terbagi menjadi beberapa kelompok, diantaranya yaitu:

a. *Polyethylene* (PET atau PETE)

   Jenis ini memiliki sifat yang ringan, murah, dan mudah diproduksi. PET atau PETE merupakan jenis polimer yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, biasanya dimanfaatkan untuk botol minum, kotak bekal makan yang tahan suhu panas, dan sebagainya. Jenis ini merupakan bahan utama dalam pembuatan kantong plastik karena sifatnya yang tidak tembus air dan gas serta tidak berwarna atau transparan.

b. *High Density Polyethylene* (HDPE)

   Jenis ini memiliki sifat yang tahan korosi dan cukup aman digunakan karena tahan terhadap reaksi kimia. HDPE biasanya dimanfaatkan untuk kemasan galon air, pembersih, deterjen, dan sebagainya. Penggunaan HDPE tidak dianjurkan digunakan secara berulang karena berpotensi melepaskan bahan pelarutnya.

c. *Polyvinyl Chloride* (PVC)

   Jenis ini memiliki karakteristik yang stabil dan tahan terhadap bahan kimia, cuaca, sifat elektrik, dan aliran. PVC biasanya digunakan dalam konstruksi bangunan dan material pipa. Jenis ini merupakan polimer yang sangat sulit untuk didaur ulang karena memiliki daya tahan yang tinggi terhadap pelarut kimia.

d. *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Jenis ini memiliki sifat yang kuat, fleksibel, dan tahan terhadap pelarut kimia sehingga biasa dimanfaatkan sebagai wadah makanan.

e. *Polypropylene* (PP)

Jenis ini memiliki sifat yang tahan terhadap bahan kimia kecuali klorin, bahan bakar, dan xylene. PP memiliki ketahanan terhadap panas dan tidak transparan. Jenis ini biasa digunakan untuk pembuatan wadah makanan, komponen otomotif, dan sebagainya.

f. *Polystyrene* (PS)

Jenis ini memiliki sifat yang ringan serta kekakuan dan kestabilan dimensi yang baik. PS biasa dikenal dengan nama *styrofoam*, biasa digunakan sebagai wadah makanan, kemasan, dan sebagainya.

g. Golongan lainnya

Jenis polimer yang termasuk dalam golongan ini dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya yaitu *Styrene acrylonitrile* (SAN), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *Polycarbonate* (PC), dan *Nylon*. Jenis polimer yang termasuk dalam golongan ini memiliki daya tahan terhadap reaksi kimia yang tinggi dan bersifat kaku sehingga biasa dimanfaatkan sebagai casing peralatan elektronik rumah tangga.

2.5 Mikroplastik Pada Kompos

Sudah banyak penelitian yang membahas terkait keberadaan mikroplastik dalam kompos. Identifikasi mikroplastik dilakukan baik pada sampel kompos maupun sampel tanah yang diberikan kompos. Jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik yang ditemukan beragam. Berdasarkan penelitian (Gui dkk., 2021), bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan adalah fiber dan film dengan jenis polimer yang dominan adalah *polyester* (PES), *polypropylene* (PP), dan *polyethylene* (PE). Penelitian Fakour dkk. (2021) menyebutkan bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan adalah fragmen dan fiber dengan warna yang dominan adalah hitam dan putih. Jenis polimer yang ditemukan yaitu *polyethylene* (PE), *low density polyethylene* (LDPE), *oxidized* PE, *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS). Penelitian Liu dkk. (2018) mengidentifikasi bentuk mikroplastik yang banyak

ditemukan adalah fiber, fragmen, dan film dengan jenis polimer yang paling dominan yaitu *polypropylene* (PP). Dalam penelitian Sholokhova dkk. (2022) diketahui bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan adalah fragmen dan film. Jenis polimer yang ditemukan yaitu *polypropylene* (PP), *low density polyethylene* (LDPE), *high density polyethylene* (HDPE), *polystyrene* (PS), *polyester* (PES), dan *polyamide* (PA). Penelitian Edo dkk. (2022) menyebutkan bentuk mikroplastik yang dominan adalah fiber, fragmen, dan film dengan jenis polimer yang dominan adalah *polyethylene* (PE).

Berdasarkan kelima penelitian yang sudah dilakukan, diketahui bahwa keberadaan mikroplastik dalam kompos dan tanah bervariasi baik bentuk dan jenis polimernya. Bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan adalah fiber, fragmen, dan film. Sedangkan jenis polimer yang banyak ditemukan adalah *polypropylene* (PP), *polyethylene* (PE), *polyester* (PES), dan *polystyrene* (PS).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait identifikasi keberadaan mikroplastik dalam kompos dapat dilihat pada **Tabel 2.3.**

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil
1	(Gui dkk., 2021)	*Microplastic in composting of rural domestic waste: abundance, characteristics, and release from the surface of macroplastics.*	- Bentuk Mikroplastik: Fiber, film, foam, fragment, pellet. - Warna Mikroplastik: Merah, biru, hijau, hitam, transparan. - Jenis Polimer: *Polyester* (PES), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *Polyvinyl chloride* (PVC), *Polystyrene* (PS), dan *Polyurethane* (PU).

No	Peneliti	Judul	Hasil
2	(Fakour dkk., 2021)	*Quantification and Analysis of Microplastic in Farmland Soils: Characterization, Sources, Pathways.*	- Bentuk Mikroplastik: Fragment, fiber, foam, film, dan pellet. - Warna Mikroplastik: Hitam dan putih. - Jenis Polimer: *Low density polyethylene* (LDPE), *Polystyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), dan *Oxidized* PE.
3	(Liu dkk., 2018)	*Microplastic and Mesoplastic Pollution in Farmland Soils in Suburbs of Shanghai, China.*	- Bentuk Mikroplastik: Fiber, film, fragment, dan pellet. - Warna Mikroplastik: Hitam, transparan, biru, hijau, dan merah. - Jenis Polimer: *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), dan *Polyester* (PES).
4	(Sholokhova dkk., 2022)	*Abundance and Characteristics of Microplastic in Treated Organic Wastes of Kaunas and Alytus Regional Waste Management*	- Bentuk Mikroplastik: Film, fragment, film, dan pellet. - Warna Mikroplastik: Transparan, putih, hitam, biru, dan cokelat. - Jenis Polimer: *Polyester* (PES), *Polypropylene*

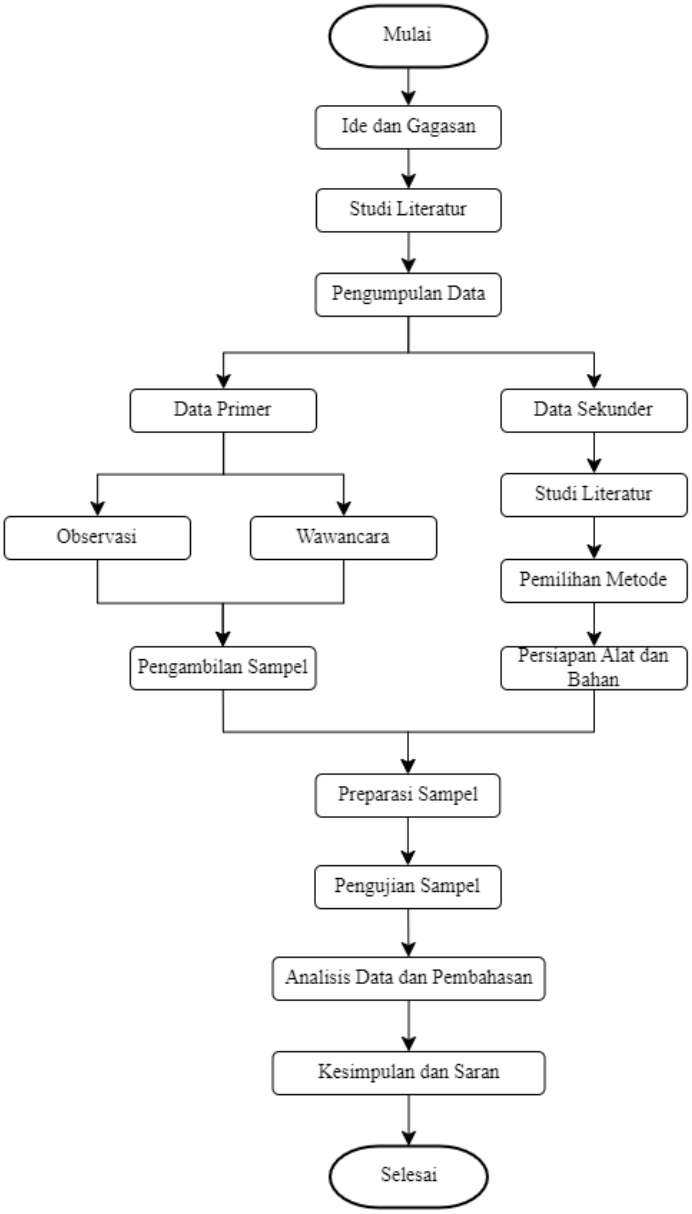
No	Peneliti	Judul	Hasil
		Centres, Lithuania.	(PP), *Low density polyethylene* (LDPE), *High density polyethylene* (HDPE), *Polyamide* (PA), dan *Polystyrene* (PS).
5	(Edo dkk., 2022)	*Microplastics Identification and Quantification in The Composted Organic Fraction of Municipal Solid Waste*	- Bentuk Mikroplastik: Fiber, fragment, film, dan filament. - Warna Mikroplastik: Hitam, merah, biru, orange, hijau, dan transparan. - Jenis Polimer: *Polyethylene* (PE), *Polystyrene* (PS), *Polyester* (PES), *Polypropylene* (PP), *Polyvinyl chloride* (PVC), dan *Acrylic polymers* (ACR).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya terkait identifikasi keberadaan mikroplastik, penelitian mengenai mikroplastik dalam kompos masih terbatas, terutama di Indonesia. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu terletak pada sampel yang diteliti, yaitu produk akhir kompos dari TPS 3R di Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta. Belum ada penelitian terkait mikroplastik pada produk kompos yang berasal dari TPS 3R Kenanga Merdiko, TPS 3R Bumdes Amarta, TPS 3R Asri Murakrambi, TPS 3R Limbah Makmur, dan TPS 3R Gambir Asri sebelumnya.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, kerangka penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

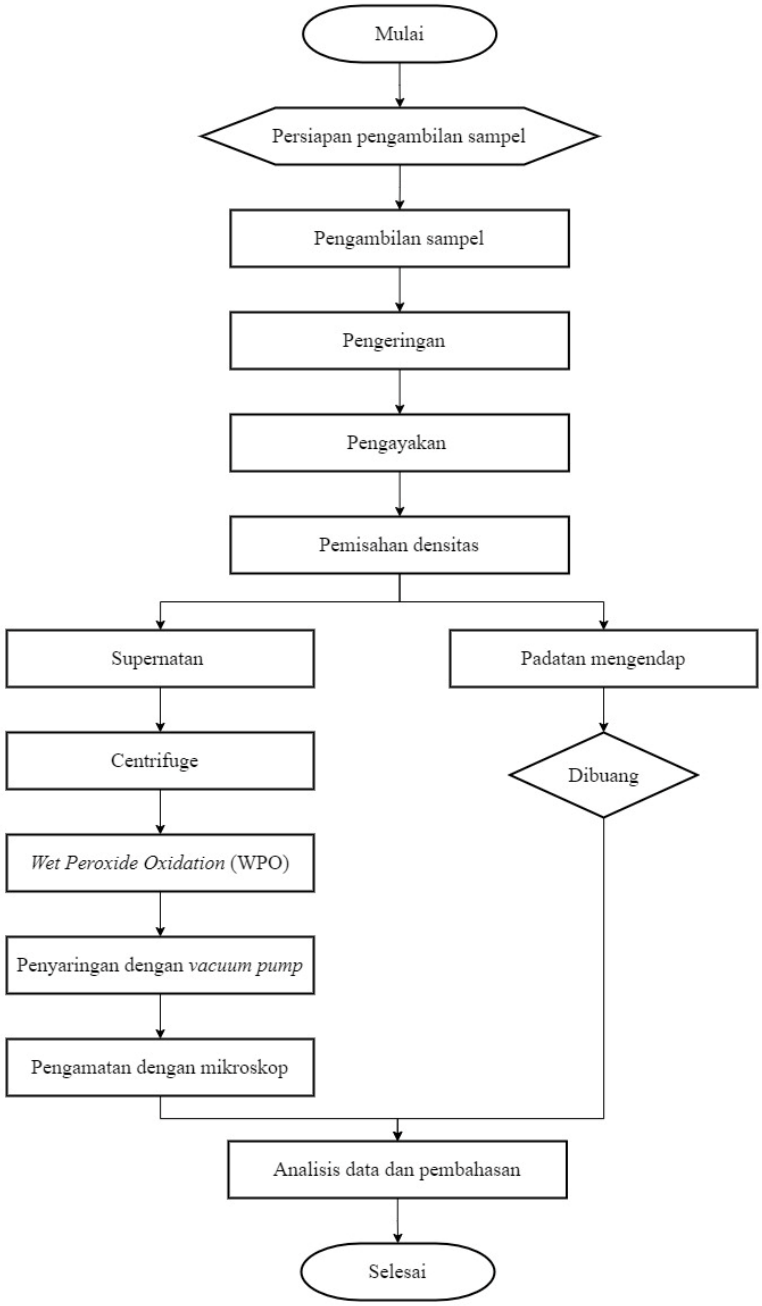
Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, yaitu sejak bulan Maret 2024 hingga bulan September 2024. Sampel kompos diambil dari lima TPS 3R di Kapanewon Tempel, Sleman, Turi, dan Pakem, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta. Penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi pengambilan sampel kompos dapat dilihat pada **Tabel 3.1.**

Tabel 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Kompos TPS 3R di Kabupaten Sleman

No	Nama TPS3R	Lokasi	Koordinat Lokasi	
			Latitude	Longitude
1	TPS 3R Kenanga Merdiko	RT 02 Sokamartani, Merdikorejo, Tempel.	-7,644,556	110,343,889
2	TPS 3R Bumdes Amarta	Jetakan, Pandowoharjo, Sleman.	-77,047,405	1,103,632,736
3	TPS 3R Asri Murakrambi	Ngaglik, Caturharjo, Sleman.	-7,681,408	110,325,092
4	TPS 3R Limbah Makmur	Ngentak Tepan, Bangunkerto, Turi.	-7,650,972	110,364,472
5	TPS 3R Gambir Asri	Gambiran RT 031, Pakembinangun, Pakem.	-7,663,154	11,042,393

3.3 Metode Identifikasi Mikroplastik pada Sampel Kompos

Terdapat beberapa tahapan dalam identifikasi jumlah, kelimpahan, bentuk, dan warna mikroplastik pada sampel kompos. Tahapan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.2.**



Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Identifikasi Mikroplastik pada Sampel Kompos

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dapat dilihat pada **Tabel 3.2.**

Tabel 3. 2 Alat Pengujian

No.	Nama Alat	No.	Nama Alat
1	Alumunium foil	12	Loyang
2	Ayakan 0,3 mm dan 1 mm	13	*Magnetic Stirrer*
3	Batang Pengaduk	14	Mikroskop
4	Cawan Petri	15	Neraca Analitik
5	*Centrifuge*	16	Oven
6	Erlenmeyer 250 ml	17	Pipet Volume
7	Gelas Beaker	18	Pinset
8	Gelas Ukur	19	Rak Tabung Reaksi
9	*Hotplate Stirrer*	20	Spektrofotometri FTIR
10	Karet Hisap	21	Tabung Reaksi 10 ml
11	Kertas Saring *Glass Microfiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047 diameter 47 mm dengan ukuran pori 1.0 μm	22	Vakum filter

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian mikroplastik pada sampel kompos TPS3R dapat dilihat pada **Tabel 3.3**

Tabel 3. 3 Bahan Pengujian

No.	Nama Bahan	No.	Nama Bahan
1	Sampel Kompos Kenanga Merdiko	6	Sampel Kompos Kontrol
2	Sampel Kompos Bumdes Amarta	7	Aquadest
3	Sampel Kompos Asri Murakrambi	8	Larutan H_2O_2 30%
4	Sampel Kompos Limbah Makmur	9	Larutan NaCl jenuh
5	Sampel Kompos Gambir Asri		

3.5 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dibedakan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung di lapangan melalui kegiatan observasi dan wawancara. Sedangkan data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara langsung, yaitu melalui studi literatur. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh secara langsung dengan observasi ke lokasi TPS 3R serta wawancara dengan pihak pengelola TPS 3R terkait sumber sampah, proses pembuatan kompos, dan pemanfaat kompos yang dihasilkan.

3.6 Pengambilan Sampel

Sampel kompos yang digunakan dalam penelitian diambil dari lima lokasi *sampling*, yaitu TPS 3R yang berlokasi di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Diantaranya yaitu TPS 3R Kenanga Merdiko di Kapanewon Tempel, TPS 3R Bumdes Amarta di Kapanewon Sleman, TPS 3R Asri Murakrambi di Kapanewon Sleman, TPS 3R Limbah Makmur di Kapanewon Turi, dan TPS 3R Gambir Asri di Kapanewon Pakem. Sampel kompos yang diambil merupakan produk akhir kompos. Sampel yang didapat dari unit pengomposan disimpan di dalam wadah penyimpanan yang bukan berbahan plastik untuk meminimalisir adanya kontaminasi, yaitu botol kaca. Botol kaca yang digunakan untuk wadah sampel sudah dilakukan pencucian dengan air bersih dan dikeringkan.

3.7 Preparasi Sampel

Sebelum dilakukan analisis, sampel perlu diberikan perlakuan terlebih dahulu, yaitu preparasi sampel yang mengacu pada metode *National Oceanic Atmosphere Administration* (NOAA) yang telah dimodifikasi. Pengujian sampel kompos dilakukan melalui beberapa tahapan, diantaranya yaitu pengeringan, pengayakan, pemisahan densitas, *Wet Peroxide Oxidation* (WPO), penyaringan, serta pengamatan melalui mikroskop dan spektrofotometri FT-IR.

1. Pengeringan

   Pada proses pengeringan, sampel kompos diletakkan ke dalam loyang yang sudah dialasi dengan *alumunium foil* dan diberikan label sesuai dengan nama masing-masing sampel. Proses pengeringan dilakukan dengan oven selama 24 jam dengan suhu sebesar 70°C. Tujuan dari dilakukannya proses ini yaitu untuk menghilangkan kadar air pada sampel kompos. Sampel yang sudah dikeringkan selama 24 jam dikeluarkan dari oven dan ditutup dengan *alumunium foil* agar terhindar dari kontaminasi hingga terjadi penurunan suhu.



Gambar 3. 3 Proses Pengeringan Sampel Menggunakan Oven

2. Pengayakan

   Sampel yang sudah dikeringkan dengan oven kemudian dilakukan pengayakan dengan ayakan berukuran 4 mesh atau kurang dari 5 mm. Dalam pengujian ini, ayakan yang digunakan berukuran 0,3 mm dan 1 mm. Pengayakan dilakukan secara manual. Selanjutnya sampel ditimbang

sebanyak 10 gram pada neraca analitik dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml yang diberikan label nama serta penutup.



(a) (b)

Gambar 3. 4 (a) Proses Pengayakan Sampel Kompos dan (b) Proses Penimbangan Sampel Kompos

3. *Density Separation*

Sampel yang sudah ditimbang sebanyak 10 gram ditambahkan larutan NaCl jenuh sebanyak 100 mL pada erlenmeyer 250 ml. Perbandingan penambahan larutan NaCl jenuh yang digunakan, yaitu 1 : 2, dimana 1 adalah berat sampel sebanyak 10 gram dan 2 adalah berat NaCl sebanyak 20 gram. Sebanyak 20 gram NaCl tersebut dilarutkan dalam 100 ml aquadest dan dihomogenkan hingga jenuh. Kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* selama 1 jam dan dibiarkan mengendap selama 24 jam. Kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 200 rpm. Hal tersebut bertujuan untuk pemisahan mikroplastik dari sampel berdasarkan perbedaan densitas. Partikel dengan kerapatan lebih kecil akan terpisah karena larutan NaCl memiliki densitas yang tinggi.



Gambar 3. 5 Proses Pemisahan Densitas

4. *Centrifuge*

Sampel yang sudah melalui proses *density separation* selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung untuk dilakukan *centrifuge*. Tabung yang berisi sampel dimasukkan ke dalam mesin *centrifuge* yang akan memutar sampel pada kecepatan 300 rpm selama 10 menit. Proses ini bertujuan untuk menjernihkan sampel atau memisahkan padatan dari sampel sehingga pada bagian bawah tabung akan terjadi endapan.

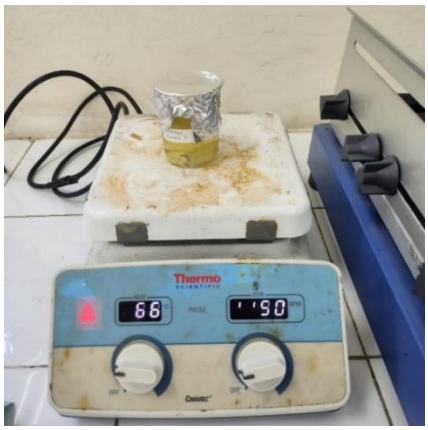



Gambar 3. 6 Proses *Centrifuge* Sampel

5. *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

Sampel yang sudah melalui proses *centrifuge* dipindahkan ke dalam gelas beaker 100 ml dengan pipet ukur supaya tidak ada endapan yang ikut terangkat dan ditambahkan larutan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml. Kemudian gelas beaker diletakkan di atas *hot plate* dan dimasukkan *magnetic stirrer*. Pengadukan dilakukan dengan suhu 65°C selama 24 jam dengan kecepatan

pengadukan 50 rpm. Volume sampel yang didapat dari tahap *centrifuge* untuk dilakukan WPO sebanyak 50 ml hingga 100 ml. Tahap ini memiliki tujuan untuk menghilangkan bahan organik yang ada dalam sampel sehingga mempermudah proses identifikasi mikroplastik.



Gambar 3. 7 Proses *Wet Peroxide Oxidation* Sampel

6. Penyaringan

Sampel yang sudah melewati proses *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring *Glass Microfiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-041 dengan diameter 47 mm serta ukuran pori 1,0 μm. Kertas saring diletakkan di atas *vacuum* kemudian ditutup dengan penutup, selanjutnya sampel dituangkan ke atas kertas saring dan dibiarkan hingga berhenti menetes. Proses penyaringan dilakukan dengan bantuan *vacuum* supaya proses penyaringan lebih cepat. Setelah larutan melewati kertas saring, kemudian kertas saring dikeringkan dan disimpan dalam cawan petri hingga kering untuk dilakukan pengamatan dengan mikroskop dan spektrofotometri FT-IR.




Gambar 3. 8 Proses Penyaringan dengan Vacuum

3.8 Analisis Sampel

3.8.1 Mikroskop

Mikroplastik memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga tidak dapat terlihat secara langsung dengan mata, sehingga dalam pengamatan mikroplastik diperlukan penggunaan mikroskop. Penggunaan mikroskop diawali dengan menyalakan komputer serta mikroskop dan mengatur pencahayaan. Kemudian sampel yang sudah melewati tahap preparasi dibagi menjadi 4 kuadran untuk mempermudah pengamatan dan diletakkan pada kaca preparat. Selanjutnya atur perbesaran yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan, pada pengamatan ini digunakan perbesaran 10x. Fokus mikroskop dapat diatur hingga lensa menunjukkan sampel dengan jelas. Tujuan dari penggunaan mikroskop yaitu untuk melihat dan mengamati kelimpahan mikroplastik pada sampel yang diuji berdasarkan pada bentuk dan warna mikroplastik.




Gambar 3. 9 Analisis Sampel dengan Mikroskop

3.8.2 Spektrofotometri FT-IR

Pengujian dengan Spektrofotometri FT-IR bertujuan untuk mengetahui kandungan polimer pada sampel yang diuji. Pengujian dengan alat ini diawali dengan meletakkan sampel pada bagian *sampel compartement*, kemudian dilakukan pemutaran detektor hingga detektor menyentuh sampel dan dilakukan pembacaan oleh sinar inframerah. Hasil pengujian disimpan pada *software* komputer dan disajikan dalam bentuk histogram intensitas serta skor kemiripan polimer yang terbaca.

3.9 Analisis Data

3.9.1 Pengamatan Dengan Mikroskop

Analisis data hasil pengamatan mikroplastik dengan mikroskop dapat dilakukan dengan menghitung jumlah, kelimpahan, bentuk, serta warna mikroplastik pada sampel. Perhitungan kelimpahan mikroplastik dilakukan dalam 10 gram berat sampel. Menurut (Nugroho dkk., 2018) kelimpahan mikroplastik dalam sampel sedimen dapat dihitung dengan rumus:

$$C = \frac{n\ (^{\text{partikel}}/_{\text{sampel}})}{\text{berat sampel (gram)}}$$

Dimana:

C = Kelimpahan mikroplastik (partikel/gram)

n = Jumlah partikel mikroplastik per sampel

Sedangkan untuk menghitung bentuk dan warna dari mikroplastik dapat menggunakan rumus berikut:

$$Persentase\ (\%) = \frac{Jumlah\ partikel\ jenis\ atau\ warna}{Jumlah\ keseluruhan\ partikel\ jenis\ atau\ warna} \times 100$$

3.9.2 Pengujian Dengan Spektrofotometri FT-IR

Identifikasi mikroplastik berdasarkan jenis polimer yang ditemukan dalam sampel kompos dilakukan menggunakan *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* atau FT-IR. Uji FT-IR merupakan teknik yang banyak digunakan untuk melakukan identifikasi tipe polimer dari mikroplastik. Uji FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) didasarkan pada pengukuran intensitas inframerah terhadap panjang gelombang yang dapat mendeteksi karakteristik vibrasi kelompok fungsi dari senyawa pada sampel. FT-IR memberikan informasi seperti menentukan struktur molekul pada polimer, identifikasi senyawa berikatan kovalen, mengetahui kemurnian bahan, dan gugus fungsi molekul (Bara dkk., 2013). Hasil identifikasi dan analisis keberadaan mikroplastik dalam sampel kompos disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pada **Tabel 3.4** ditunjukkan karakteristik nilai puncak berbagai macam polimer.

Tabel 3. 4 Jenis Polimer Berdasarkan Karakteristik Nilai Puncak FT-IR

No	Polymer	Characteristic Peaks (cm^{-1})	No	Polymer	Characteristic Peaks (cm^{-1})
1	High density polyethylene (HDPE)	2915 2845 1472 1462 730 717	5	Polystyrene (PS)	3024 2847 1601 1492 1451 1027 694 537
2	Low density polyethylene (LDPE)	2915 2845 1467 1462 1377	6	Nylon (all polyamides)	3298 2932 2858 1634 1538

No	Polymer	Characteristic Peaks (cm^{-1})	No	Polymer	Characteristic Peaks (cm^{-1})
		730 717			1464 1372 1274 1199 687
3	Polyethylene terephthalate (PET)	1713 1241 1094 720	7	Polycarbonate (PC)	2966 1768 1503 1409 1364 1186 1158 1013 828
4	Polypropylene (PP)	2950 2915 2838 1455 1377 1166 997 972 840 808	8	Polytetrafluorethylene (PTFE)	1201 1147 638 554 509

Sumber: (Veerasingam dkk., 2021)

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Aktivitas Pembuatan Kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman

Penelitian identifikasi mikroplastik pada kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman Utara dan Barat, D.I Yogyakarta dilakukan pada TPS 3R yang memproduksi kompos dengan bahan baku sampah organik dari rumah tangga. Sampel yang digunakan merupakan sampel kompos dari TPS 3R di Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta. TPS 3R yang menjadi lokasi pengambilan sampel kompos diantaranya, yaitu TPS 3R Kenanga Merdiko di Kapanewon Tempel, TPS 3R Bumdes Amarta di Kapanewon Sleman, TPS 3R Asri Murakrambi di Kapanewon Sleman, TPS 3R Limbah Makmur di Kapanewon Turi, dan TPS 3R Gambir Asri di Kapanewon Pakem. Perbedaan lokasi TPS 3R, proses pengolahan yang dilakukan, dan bahan baku pembuatan kompos akan mempengaruhi hasil akhir produk kompos serta kandungan didalamnya. Selain itu, tanah kontrol digunakan sebagai pembanding antara kompos hasil produksi TPS 3R dengan kompos yang ada di pasaran. Deskripsi lokasi dan teknik pembuatan kompos masing-masing sampel dapat dilihat pada **Tabel 4.1.** Kondisi eksisting masing-masing lokasi TPS 3R dapat dilihat pada **Lampiran 1.** Sedangkan dokumentasi pemilahan dapat dilihat pada **Gambar 4.1,** pencacahan pada **Gambar 4.2,** pengomposan pada **Gambar 4.3,** pengayakan pada **Gambar 4.4,** dan pengemasan kompos dapat dilihat pada **Gambar 4.5.**

4.1.1 TPS 3R Kenanga Merdiko

Sampah yang masuk ke TPS 3R Kenanga Merdiko merupakan sampah yang berasal dari rumah tangga berupa sampah organik dan sampah anorganik. Dalam melakukan pengelolaan sampah, proses pertama yang dilakukan di TPS 3R ini, yaitu pemilahan sampah, kemudian dilanjut dengan pengomposan sampah organik, pencacahan, dan pengayakan kompos. Pemilahan sampah dilakukan secara manual dengan tenaga petugas TPS 3R, proses ini dilakukan untuk memisahkan sampah organik yang akan menjadi bahan baku kompos dengan sampah anorganik yang

akan dijual ke pengepul, serta residu yang akan diangkut oleh Dinas Lingkungan Hidup.

Pengomposan dilakukan dengan metode *Open Windrow*, yaitu sampah ditumpuk di atas aerator berbentuk segitiga yang terbuat dari bambu dan dilakukan pembalikan secara periodik untuk mengontrol suhu kompos. Sampah kemudian dilakukan pencacahan dengan mesin pencacah untuk meminimalisir adanya gumpalan pada tumpukan kompos yang akan menghambat sirkulasi dan memperlambat proses pengomposan. Kompos yang sudah matang kemudian akan dilakukan pengayakan dengan mesin ayakan sehingga produk akhir kompos memiliki ukuran partikel yang sama. Setelah dilakukan pengayakan, produk akhir kompos yang dihasilkan akan dikemas dan dijual.

Potensi kontaminasi mikroplastik pada kompos di TPS 3R ini dapat berasal dari sumber, dimana seluruh sampah, baik sampah organik maupun sampah anorganik masih tercampur. Kemudian pada proses pembuatan kompos masih ditemukan banyak sampah plastik yang tercampur dan ikut terbawa dalam proses pengomposan. Hal tersebut menunjukkan proses pemilahan yang dilakukan masih belum optimal. Selanjutnya, kontaminasi juga dapat terjadi saat proses pencacahan dengan mesin cacah dilakukan. Sampah yang sudah melalui proses pengomposan dicacah bersamaan dengan sampah plastik yang masih tercampur sehingga potongan plastik dapat terbawa oleh kompos. Selain itu, proses pengemasan juga berpotensi menjadi sumber masuknya mikroplastik ke dalam kompos karena kemasan yang digunakan berbahan plastik.

4.1.2 TPS 3R Bumdes Amarta

Sampah yang masuk ke TPS 3R Bumdes Amarta merupakan sampah yang berasal dari rumah tangga, baik berupa sampah organik maupun sampah anorganik. Dalam melakukan pengelolaan sampah, tahap pertama yang dilakukan oleh TPS 3R ini merupakan pemilahan, kemudian dilanjut dengan pencacahan sampah organik, pengomposan, dan pengayakan kompos. Pemilahan merupakan proses pemisahan antara sampah anorganik dan sampah organik yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kompos. Tujuannya untuk mempermudah proses

pengolahan selanjutnya. Pemilahan di TPS 3R ini dilakukan secara manual dengan tenaga pekerja.

Proses pencacahan sampah organik yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos dilakukan dengan bantuan mesin pencacah. Pelaksanaan pencacahan sampah dengan mesin diawali dengan sampah dimasukkan ke dalam mesin dan akan tercacah secara otomatis karena terdapat mata pisau yang bergerak. Selanjutnya sampah tersebut akan dilakukan pengomposan dengan metode *Open Windrow*. Setelah sampah menjadi kompos matang, kemudian dilakukan pengayakan dengan mesin ayakan. Pengayakan dilakukan untuk menyeragamkan ukuran partikel kompos serta memisahkan sampah yang belum menjadi kompos dengan sampah yang sudah menjadi produk kompos. Kompos yang sudah melalui proses pengayakan kemudian dikemas dalam wadah dan dijual.

Potensi kontaminasi mikroplastik pada kompos di TPS 3R ini dapat berasal dari sumber, dimana seluruh sampah, baik sampah organik maupun sampah anorganik masih tercampur. Selanjutnya, kontaminasi juga dapat terjadi saat proses pencacahan dengan mesin cacah dilakukan. Sampah yang sudah melalui proses pemilahan dicacah bersamaan dengan sampah plastik yang masih tercampur sehingga potongan plastik dapat terbawa oleh kompos. Kemudian pada proses pembuatan kompos masih ditemukan banyak sampah plastik yang tercampur dan ikut terbawa dalam proses pengomposan. Hal tersebut menunjukkan proses pemilahan yang dilakukan masih belum optimal. Selain itu, proses pengemasan juga berpotensi menjadi sumber masuknya mikroplastik ke dalam kompos karena kemasan yang digunakan berbahan plastik.

4.1.3 TPS 3R Asri Murakrambi

Sampah yang masuk ke TPS 3R Asri Murakrambi merupakan sampah yang berasal dari rumah tangga, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Dalam melakukan pengelolaan sampah, proses pertama yang dilakukan oleh TPS 3R ini yaitu pemilahan sampah yang masih layak jual secara manual kemudian dilanjutkan dengan pemisahan sampah anorganik lainnya sekaligus pencacahan sampah organik dengan bantuan mesin cacah pilah. Mesin cacah pilah merupakan mesin

yang memisahkan sampah plastik dengan sampah organik yang akan keluar dalam bentuk bubur sampah (Setiawan dkk., 2024).

Sampah organik yang sudah melalui proses pencacahan akan dilakukan pengomposan dengan metode *Open Windrow*. Kompos yang sudah matang akan dilakukan pengayakan dengan bantuan mesin ayakan untuk pemisahan material yang berukuran besar dengan kompos sehingga akan dihasilkan produk akhir kompos yang halus. Setelah melalui proses pengayakan, kompos akan dikemas dalam plastik dan siap dijual.

Potensi kontaminasi mikroplastik pada kompos di TPS 3R ini dapat berasal dari sumber, dimana seluruh sampah, baik sampah organik maupun sampah anorganik masih tercampur. Pemilahan sampah di TPS 3R ini dilakukan dengan menggunakan mesin cacah pilah, sampah yang masih tercampur dimasukkan ke dalam mesin yang akan memisahkan sampah plastik dengan sampah organik. Dalam proses tersebut, sampah plastik berpotensi ikut tercacah dan bercampur dengan sampah organik. Selanjutnya, pada proses pengomposan masih ditemukan campuran sampah plastik. Proses pengomposan dilakukan di luar ruangan, dimana di sekitar lokasi terdapat banyak tumpukan sampah. Plastik yang berterbangan dapat menjadi sumber masuknya mikroplastik dalam kompos. Selain itu, proses pengemasan juga berpotensi menjadi sumber masuknya mikroplastik ke dalam kompos karena kemasan yang digunakan berbahan plastik.

4.1.4 TPS 3R Limbah Makmur

Sampah yang masuk ke TPS 3R Limbah Makmur merupakan sampah yang berasal dari rumah tangga, yaitu berupa sampah organik dan sampah anorganik. Dalam pengelolaan sampah, TPS 3R ini melakukan beberapa tahapan, diantaranya yaitu pemilahan sampah, pencacahan sampah organik, pembuatan kompos, dan pengayakan kompos. Pemilahan sampah di TPS 3R Limbah Makmur dilakukan di atas *conveyor*. Sampah yang masuk ke TPS 3R dibawa ke atas *conveyor* yang kemudian sampah tersebut akan terpilah sesuai dengan jenisnya tanpa dilakukan pemilahan secara manual.

Setelah melalui proses pemilahan, sampah organik dilakukan pencacahan dengan bantuan mesin pencacah organik. Kemudian sampah tersebut dimanfaatkan

sebagai bahan baku kompos. Metode pengomposan yang digunakan di TPS 3R ini yaitu dengan ditambahkan EM_4 (*Effective Microorganism*) atau larutan yang didalamnya terkandung mikroorganisme yang akan membantu proses fermentasi pada bahan organik lebih cepat terjadi. EM_4 dapat menjadi sumber energi dan merangsang pertumbuhan serta perkembangan mikroorganisme yang nantinya akan memberikan pengaruh baik terhadap kualitas kompos (Dewi & Kusnoputranto, 2022). Selanjutnya yaitu proses pengayakan yang dilakukan setelah proses pengomposan selesai. Dengan dilakukan pengayakan, material yang berukuran besar akan hilang sehingga akan dihasilkan kompos yang halus. Produk kompos yang sudah jadi akan disimpan di luar hangar dan digunakan untuk menanam tanaman.

Potensi kontaminasi mikroplastik pada kompos di TPS 3R ini dapat berasal dari sumber, dimana seluruh sampah, baik sampah organik maupun sampah anorganik masih tercampur. Pemilahan sampah di TPS 3R ini dilakukan dengan menggunakan *conveyor*, dimana mesin akan bergerak memisahkan sampah plastik dengan sampah organik. Proses pemilahan tersebut berpotensi menjadi sumber masuknya mikroplastik ke dalam kompos. Selanjutnya, pada proses pengomposan masih ditemukan campuran sampah plastik yang cukup banyak. Proses pengomposan dilakukan di luar hanggar, dimana di sekitar lokasi terdapat banyak tumpukan sampah. Plastik disekitar yang berterbangan juga dapat menjadi sumber masuknya mikroplastik dalam kompos.

4.1.5 TPS 3R Gambir Asri

Sampah yang masuk ke TPS 3R Gambir Asri merupakan sampah yang berasal dari rumah tangga, baik berupa sampah organik maupun sampah anorganik. Pengelolaan sampah yang dilakukan oleh TPS 3R Gambir Asri diawali dengan penerimaan sampah dari sumbernya, kemudian pemilahan sampah, dilanjutkan dengan pencacahan sampah organik serta pengomposan, dan diakhiri dengan pengayakan. Pemilahan sampah merupakan pemisahan sampah organik dengan sampah anorganik untuk mempermudah proses pengolahan sampah selanjutnya. Pemilahan sampah dilakukan secara manual dengan tenaga pekerja.

Sampah organik yang sudah dipilah kemudian dijadikan sebagai bahan baku kompos. Metode yang digunakan untuk pengomposan merupakan *Open Windrow* dengan aerator bambu berbentuk segitiga. Pengomposan dilakukan dengan cara ditumpuk dan diangin-anginkan. Selanjutnya, sampah organik yang sudah matang akan diayak untuk menghasilkan produk kompos yang memiliki ukuran partikel seragam dan halus. Setelah dilakukan pengayakan, kompos akan dikemas dalam karung dan dijual.

Potensi kontaminasi mikroplastik pada kompos di TPS 3R ini dapat berasal dari sumber, dimana seluruh sampah, baik sampah organik maupun sampah anorganik masih tercampur. Pemilahan sampah di TPS 3R ini dilakukan secara manual dengan tenaga pekerja, potensi kontaminasi mikroplastik pada kompos dapat berasal dari penggunaan sarung tangan plastik oleh petugas. Selanjutnya, pada proses pengomposan masih ditemukan campuran sampah plastik. Di sekitar lokasi pengomposan dipenuhi oleh tumpukan sampah yang mana dapat menjadi sumber masuknya mikroplastik dalam kompos apabila. Selain itu, proses pengemasan juga berpotensi menjadi sumber masuknya mikroplastik ke dalam kompos karena kemasan yang digunakan merupakan karung.



(a) (b)

Gambar 4. 1 Proses Pemilahan di TPS 3R: (a) Manual dan (b) Dengan Mesin



(a) (b)

Gambar 4. 2 Proses Pencacahan di TPS 3R: (a) Mesin Pencacah dan (b) Mesin Cacah Pilah



(a) (b)

Gambar 4. 3 Proses Pengomposan di TPS 3R: (a) EM4 dan (b) Open Windrow



Gambar 4. 4 Proses Pengayakan di TPS 3R dengan Mesin Pengayak



Gambar 4. 5 Pengemasan Kompos TPS 3R

Tabel 4. 1 Lokasi TPS 3R dan Teknik Pembuatan Kompos

No	Nama TPS 3R	Kode Sampel		Sumber	Teknik				Keterangan
					Pemilahan	Pencacahan	Pengomposan	Pengayakan	
1	Kenanga Merdiko	KM	KM 1	Sampah organik	Manual	Mesin	Open Windrow	Mesin	Dikemas
			KM 2						
2	Bumdes Amarta	BA	BA 1		Manual	Mesin	Open Windrow	Mesin	Dikemas
			BA 2						
3	Asri Murakabi	AM	AM 1		Mesin & Manual	Mesin	Open Windrow	Mesin	Dikemas
			AM 2						
4	Limbah Makmur	LM	LM 1		Mesin	Mesin	EM4	Mesin	Tidak dikemas
			LM 2						
5	Gambir Asri	GA	GA 1		Manual	Manual	Open Windrow	Mesin	Dikemas
			GA 2						
6	Kompos Kontrol Kaliandra	K	K1	Tanaman kaliandra	Berbahan dasar ranting dan dedaunan dari tanaman kaliandra yang dikeringkan. Karakternya kering, agak rapuh, dan mudah menyerap air.				Dikemas
			K2						

4.2 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah, Bentuk, dan Warna

Dalam penelitian identifikasi mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R di Kabupaten Sleman Utara dan Barat, D.I Yogyakarta, identifikasi dan analisis dapat dilakukan dengan mengamati jumlah, bentuk, serta warna dari sampel yang telah melalui tahap preparasi. Hasil dari analisis akan dirangkum dalam grafik dan tabel pengamatan untuk mempermudah proses analisis data.

4.2.1 Mikroplastik Berdasarkan Jumlah

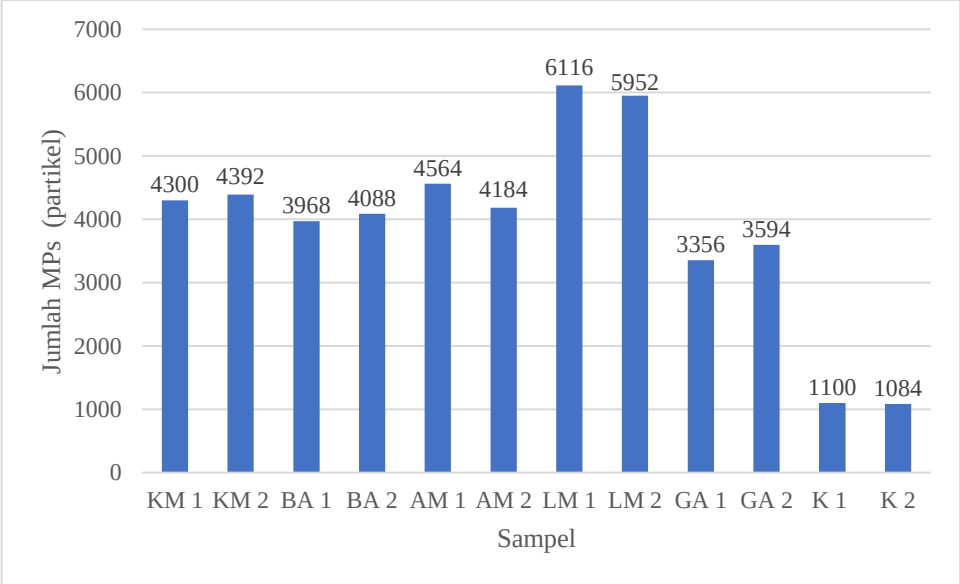
Identifikasi kandungan mikroplastik dalam sampel dapat dilakukan dengan pengamatan pada kertas saring menggunakan mikroskop. Dalam penelitian ini, mikroskop yang digunakan merupakan Mikroskop jenis Binoculer XSZ-107BN dan kertas saring yang digunakan yaitu Glass *Micro Fiber* (GF/B) Whatman CAT No. 1821-047. Kertas saring yang telah melewati tahap preparasi sampel dibagi menjadi 4 kuadran untuk mempermudah identifikasi mikroplastik. Pengamatan jumlah mikroplastik dilakukan dengan perbesaran 10x. Penggunaan perbesaran disesuaikan dengan besar atau kecilnya mikroplastik yang terdapat pada sampel. Mikroplastik yang terlihat pada mikroskop kemudian dihitung dan dilakukan analisis. Hasil pengamatan jumlah partikel mikroplastik dalam sampel kompos TPS 3R dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Jumlah Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol

No	Kode Sampel	Jumlah Mikroplastik (partikel)	No	Kode Sampel	Jumlah Mikroplastik (partikel)
1	KM 1	4300	7	KM 2	4392
2	BA 1	3968	8	BA 2	4088
3	AM 1	4564	9	AM 2	4184
4	LM 1	6220	10	LM 2	5952
5	GA 1	3356	11	GA 2	3594
6	K 1	1100	12	K 2	1084

Berdasarkan **Tabel 4.2** yang menunjukkan hasil pengamatan jumlah mikroplastik pada setiap lokasi penelitian, data mikroplastik berdasarkan jumlahnya dapat disajikan dalam bentuk grafik. Grafik hasil perhitungan jumlah

mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4. 6 Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol Berdasarkan Jumlah

Pada **Gambar 4.6** yang berisi grafik mikroplastik pada sampel berdasarkan jumlahnya pada setiap lokasi penelitian, dapat dilihat bahwa pada masing-masing lokasi TPS 3R terdapat jumlah mikroplastik yang berbeda. Jumlah mikroplastik didapatkan dari 10 gram sampel kompos yang dipreparasi. Pada KM 1 dan KM 2 didapatkan jumlah mikroplastik secara berurutan sebanyak 4300 partikel dan 4392 partikel, kemudian pada BA 1 dan BA 2 didapatkan jumlah mikroplastik sebanyak 3968 partikel dan 4088 partikel. Selanjutnya pada AM 1 dan AM 2 didapatkan jumlah mikroplastik sebanyak 4564 partikel dan 4184 partikel serta LM 1 dan LM 2 didapatkan jumlah mikroplastik sebanyak 6220 partikel dan 5952 partikel. Pada GA 1 dan GA 2 didapatkan jumlah mikroplastik sebanyak 3356 partikel dan 3594 partikel. Sedangkan pada sampel K 1 dan K 2 didapatkan jumlah mikroplastik sebanyak 1100 partikel dan 1084 partikel. Berdasarkan pemaparan tersebut, dapat diketahui bahwa jumlah mikroplastik terbanyak ditemukan pada sampel LM 1, sedangkan jumlah mikroplastik terendah ditemukan pada sampel K2.

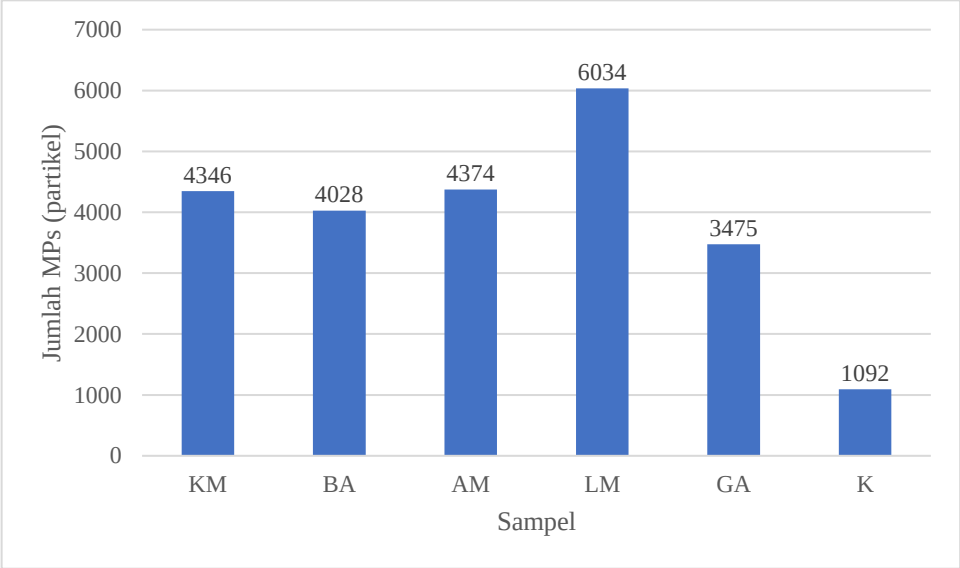
Menurut deskripsi aktivitas pembuatan kompos di TPS 3R Limbah Makmur seperti yang sudah disebutkan pada **Tabel 4.1**, sampel ini dalam pengolahannya melalui proses pemilahan menggunakan mesin, pencacahan menggunakan mesin, dan pengayakan juga dengan mesin. Salah satu yang dapat menjadi penyebab banyaknya jumlah mikroplastik yang ditemukan pada sampel ini yaitu karena proses pemilahan sampah dengan mesin atau *conveyor*. Pada mesin *conveyor*, terdapat karet yang terikat pada mesin untuk mengangkut sampah. Hal tersebut dapat menjadi salah satu penyebab banyaknya jumlah mikroplastik yang ditemukan. Selain itu, penyebab lainnya dapat disebabkan oleh penyimpanan kompos yang bercampur dengan tanah di luar hanggar dan sampah lainnya.

Pengujian masing-masing sampel kompos dilakukan sebanyak dua kali atau duplo dengan tujuan untuk membandingkan hasil data pertama dan data kedua sehingga data yang didapatkan lebih akurat serta mengurangi adanya kesalahan. Dalam penelitian ini, masing-masing sampel kompos dengan duplonya memiliki jumlah mikroplastik yang tidak terlalu jauh. Berdasarkan hal tersebut, jumlah mikroplastik dapat disajikan berdasarkan rerata duplo setiap sampel seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 3 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Rerata Duplo

No	Kode Sampel	Jumlah Mikroplastik (partikel)
1	KM	4346
2	BA	4028
3	AM	4374
4	LM	6034
5	GA	3475
6	K	1092

Berdasarkan **Tabel 4.3** yang menunjukkan hasil pengamatan jumlah mikroplastik pada setiap lokasi penelitian berdasarkan rerata duplo, data jumlah mikroplastik dapat disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah perbandingan. Grafik hasil perhitungan jumlah mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol berdasarkan rerata duplo dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 7 Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Rerata Duplo

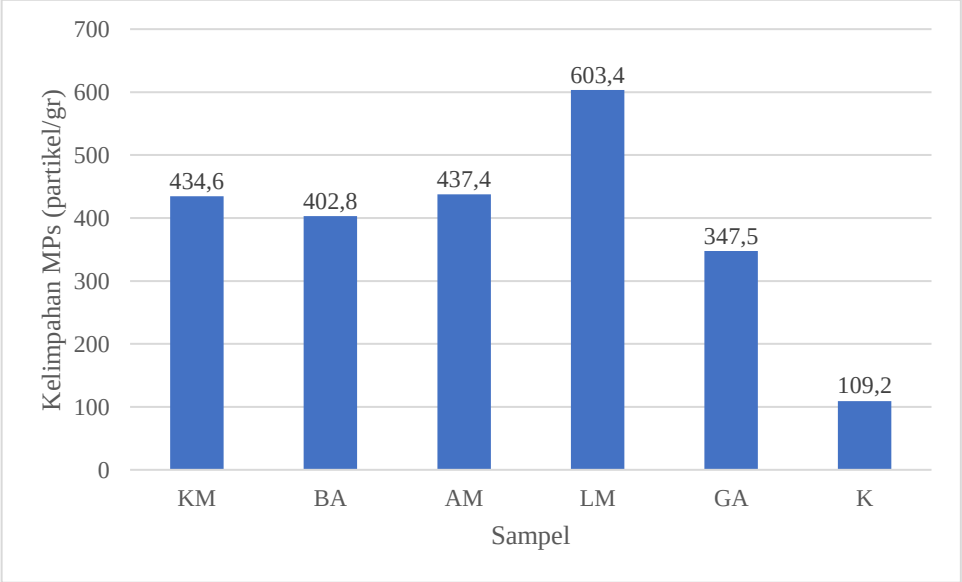
Pada **Gambar 4.7** yang menunjukkan jumlah mikroplastik pada setiap lokasi penelitian berdasarkan rerata duplo, dapat dilihat bahwa pada masing-masing lokasi TPS 3R terdapat jumlah mikroplastik yang berbeda. Pada TPS 3R KM ditemukan mikroplastik sebanyak 4346 partikel, pada TPS 3R BA ditemukan mikroplastik sebanyak 4028 partikel, dan pada TPS 3R AM ditemukan mikroplastik sebanyak 4374 partikel. Kemudian pada TPS 3R LM dan TPS 3R GA ditemukan mikroplastik pada masing-masing lokasi secara berurutan yaitu sebanyak 6034 partikel dan 3475 partikel. Sedangkan pada sampel K ditemukan mikroplastik sebanyak 1092 partikel. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa mikroplastik terbanyak ditemukan pada TPS 3R LM dan jumlah mikroplastik terkecil ditemukan pada sampel K.

Selain jumlah mikroplastik, kelimpahan mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol juga dihitung pada setiap lokasi pengambilan sampel. Kelimpahan mikroplastik dihitung berdasarkan jumlah partikel mikroplastik yang diketahui dibandingkan dengan berat sampel kompos yang digunakan, yaitu sebesar 10 gram. Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol dapat dilihat pada **Tabel 4.4.**

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol

No	Kode Sampel	Jumlah Mikroplastik (partikel)	Berat Sampel (gr)	Kelimpahan (partikel/gr)
1	KM	4346	10	434.6
2	BA	4028		402.8
3	AM	4374		437.4
4	LM	6034		603.4
5	GA	3475		347.5
6	K	1092		109.2

Berdasarkan **Tabel 4.4** yang menunjukkan hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada setiap lokasi penelitian, data kelimpahan mikroplastik dapat disajikan dalam bentuk grafik. Grafik hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4. 8 Kelimpahan Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol

Dalam **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.8** ditunjukkan kelimpahan mikroplastik pada masing-masing sampel, dimana KM memiliki kelimpahan sebesar 434,6

partikel/gram, BA memiliki kelimpahan 402,8 partikel/gram, AM memiliki kelimpahan 437,4 partikel/gram, LM memiliki kelimpahan 603.4 partikel/gram, GA memiliki kelimpahan 347,5 partikel/gram, dan K memiliki kelimpahan 109,2 partikel/gram. Berdasarkan pengamatan dan perhitungan, jumlah serta kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada sampel kompos TPS 3R lebih banyak dari mikroplastik yang ditemukan pada sampel kontrol. Hal tersebut disebabkan adanya perbedaan perlakuan yang didapatkan oleh setiap sampel, terutama pada sampel kompos K yang memiliki kelimpahan lebih sedikit dari sampel kompos lainnya. Sampel kompos K merupakan kompos yang bahan bakunya berasal dari humus pohon kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) yang dibersihkan kemudian diolah dan dikeringkan untuk dapat digunakan sebagai media tanam. Sedangkan sampel kompos lainnya merupakan kompos yang bahan bakunya berasal dari sampah organik rumah tangga dan pasar.

Hasil penelitian ini apabila dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya terkait mikroplastik pada kompos dan tanah memiliki hasil yang jauh berbeda. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gui dkk. (2021), kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada sampel kompos adalah 2533 ± 457 item/kg dan 2267 ± 115 item/kg dengan ukuran mikroplastik 0,05 – 5 mm. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Liu dkk. (2018) pada tanah pertanian di Kota Shanghai ditemukan kelimpahan mikroplastik pada tanah dangkal sebanyak 78 ± 12,91 partikel/kg dan pada tanah bagian dalam sebanyak 62,50 ± 12,97 partikel/kg dengan ukuran mikroplastik 0,03 – 5 mm. Selain itu, pada olahan sampah organik di Pusat Pengelolaan Sampah Regional Kaunas dan Alytus ditemukan kelimpahan mikroplastik sebanyak 17407 ± 1739 partikel/kg saat musim gugur dan 15400 ± 1217 partikel/kg saat musim dingin dengan ukuran mikroplastik <1 mm. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa jumlah dan kelimpahan mikroplastik pada penelitian ini jauh lebih besar. Perbedaan jumlah dan kelimpahan mikroplastik tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu sumber dan kandungan bahan baku kompos yang berbeda-beda serta proses pembuatan masing-masing kompos yang berbeda di TPS 3R. Setiap sampel mendapatkan perlakuan yang berbeda-beda sejak dari sumber hingga

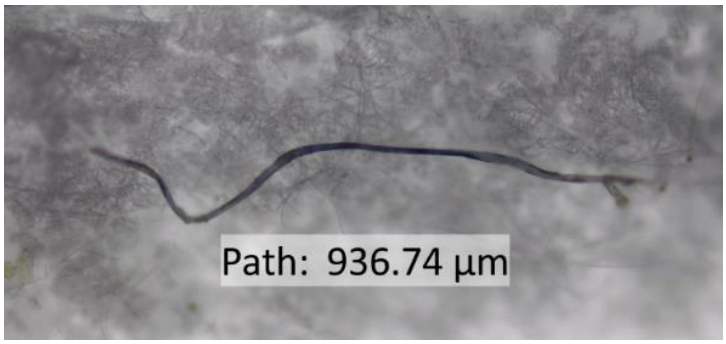
pengemasan di TPS 3R. Selain itu, penyimpanan produk kompos juga berpotensi mempengaruhi keberadaaan mikroplastik pada setiap sampel. Kontaminasi mikroplastik saat dilakukan pengujian laboratorium juga dapat dijadikan sebagai faktor penyebab adanya perbedaan jumlah mikroplastik pada masing-masing sampel. Selain dari kontaminasi maupun sumber mikroplastik pada sampel, perbedaan jumlah dan kelimpahan mikroplastik dapat bergantung pada orang yang melakukan penelitian.

4.2.2 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Mikroplastik berdasarkan bentuknya dapat diidentifikasi dengan mikroskop yang akan dikelompokkan menjadi, Fiber, Fragment, Film, Pellet, dan Foam. Jumlah dan bentuk mikroplastik pada setiap sampel akan berbeda-beda sesuai dengan lokasi pengambilan sampel. Pengamatan bentuk mikroplastik dapat dilakukan dengan perhitungan jumlah setiap bentuk partikel mikroplastik yang terlihat pada mikroskop. Berikut merupakan beberapa bentuk mikroplastik, diantaranya yaitu:

1. Fiber

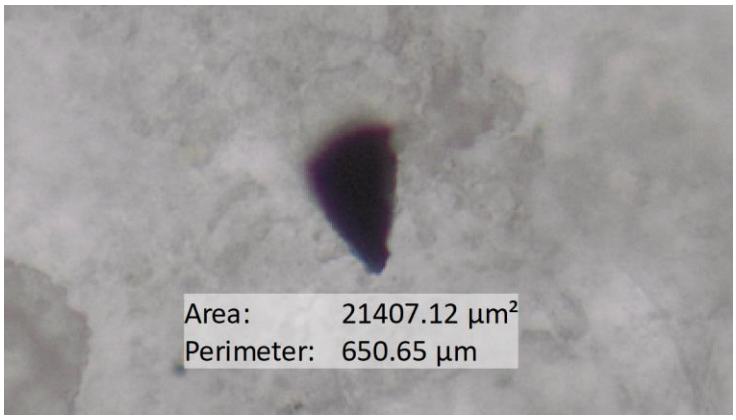
   Mikroplastik bentuk fiber berasal dari alat nelayan maupun pemancing seperti pancing atau jaring, tali temali, dan serat pakaian (Claessens dkk., 2011; Nor & Obbard, 2014). Fiber berbentuk tidak tentu atau tentatif (panjang dan pendek) dengan ketebalan dan warna yang berbeda-beda tergantung degradasi dan sumber mikroplastiknya. Mikroplastik bentuk fiber dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4. 9 Mikroplastik Bentuk Fiber

2. Fragment

Fragmen merupakan bentuk plastik yang sudah terdegradasi menjadi serpihan kecil fragmen atau mikroplastik sekunder yang polimernya kuat, seperti *polypropylene*, *polyethylene*, dan *polystyrene* (Istiqomah, 2020). Ketiga jenis tersebut merupakan tipe resin yang umumnya digunakan pada produk wadah penyimpanan, botol, tutup air mineral, gelas minuman, pipa, serta peralatan plastik lainnya (GESAMP, 2015). Mikroplastik bentuk fragmen memiliki bentuk yang kaku, tebal dengan tepi yang tajam, tidak beraturan, serta memiliki warna beragam. Mikroplastik bentuk fragment dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4. 10 Mikroplastik Bentuk Fragment

3. Film

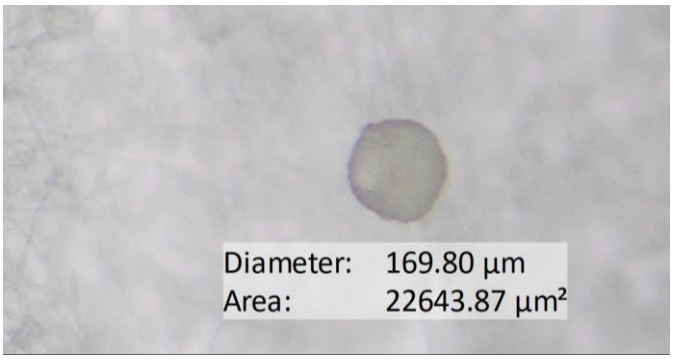
Menurut Wahyuningsih dkk. (2018), film adalah bentuk mikroplastik sekunder yang dihasilkan dari fragmentasi plastik kemasan ataupun kantong plastik yang terbuat dari polimer *polyethylene* dan memiliki densitas rendah. Film merupakan salah satu bentuk mikroplastik yang bersifat fleksibel, berbentuk tidak beraturan seperti lembaran, dan tidak berwarna atau transparan (Viršek dkk., 2016). Mikroplastik dengan bentuk film biasanya terkandung dalam sampah plastik kemasan makanan atau kresek. Mikroplastik bentuk film dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4. 11 Mikroplastik Bentuk Film

4. Pellet

Pellet atau mikroplastik berbentuk granul merupakan mikroplastik jenis primer yang dibuat dalam bentuk mikro yang biasa ditemukan dalam produk kecantikan serta produk kebersihan dan berasal dari jenis polimer *polyethylene*, *polytsyrene*, dan *polymethyl methylacrylate* (Zhang dkk., 2017). Pellet memiliki bentuk seperti butiran-butiran dan berwarna putih maupun kecoklatan. Pellet dibentuk sebagai bahan *air-blasting*, pembersih wajah dan tangan, serta lulur kosmetik (Fendall & Sewell, 2009). Mikroplastik bentuk pellet dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4. 12 Mikroplastik Bentuk Pellet

5. Foam

Mikroplastik *foam* atau busa bersumber dari bahan penyusun polimer *styrene* untuk pembuatan *Styrofoam* (Yin dkk., 2019). Produk berbahan *styrofoam* dapat ditemukan pada kemasan pelindung elektronik, tempat makanan, lemari pendingin, dan lain-lain. Mikroplastik berbentuk *foam* atau busa memiliki tekstur yang lembut dengan bentuk yang bulat atau tidak beraturan dan berwarna putih atau kekuningan (Viršek dkk., 2016; Nainggolan dkk., 2022). Mikroplastik bentuk foam dapat dilihat pada **Gambar 4.13.**



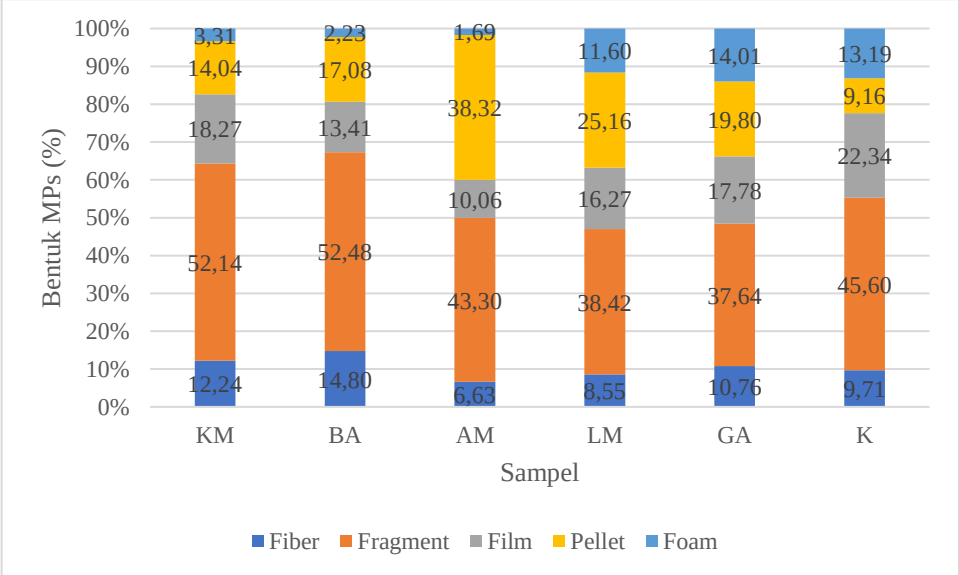
Gambar 4. 13 Mikroplastik Bentuk Foam

Bentuk-bentuk mikroplastik yang ditemukan pada pengamatan sampel dengan mikroskop perbesaran 10x dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Persentase Mikroplastik Berdasarkan Bentuk pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol

No	Kode Sampel	Bentuk Mikroplastik										Jumlah
		Fiber		Fragment		Film		Pellet		Foam		
		Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	
1	KM	532	12.24	2266	52.14	794	18.27	610	14.04	144	3.31	4346
2	BA	596	14.80	2114	52.48	540	13.41	688	17.08	90	2.23	4028
3	AM	290	6.74	1894	44.04	440	10.23	1676	38.97	0.35	0.01	4300.35
4	LM	516	9.65	2318	43.37	982	18.37	1518	28.40	11.12	0.21	5345.12
5	GA	374	10.76	1308	37.64	618	17.78	688	19.80	487	14.01	3475
6	K	106	10.99	498	51.64	244	25.30	100	10.37	16.36	1.70	964.36

Dalam **Tabel 4.5** ditunjukkan jumlah partikel mikroplastik berdasarkan bentuknya serta persentase setiap bentuk pada masing-masing lokasi. Selain dalam bentuk tabel, data juga dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4. 14 Persentase Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.14** terkait perhitungan jumlah serta persentase mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol berdasarkan bentuk, dapat dilihat bahwa mikroplastik terbagi menjadi lima, yaitu Fiber, Fragment, Film, Pellet, dan Foam. Pada sampel KM, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu bentuk fragment sebanyak 2266 partikel atau 52.14% dari jumlah mikroplastik pada KM dan paling sedikit ditemukan pada bentuk foam yaitu sebanyak 144 partikel atau 3.31% dari jumlah mikroplastik pada KM. Pada sampel BA, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu bentuk fragment sebanyak 2114 partikel atau 52.48% dari jumlah mikroplastik pada BA dan paling sedikit ditemukan pada bentuk foam yaitu sebanyak 90 partikel atau 2.23% dari jumlah mikroplastik pada BA. Pada sampel AM, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu bentuk fragment sebanyak 1894 partikel atau 43.30% dari jumlah mikroplastik pada AM dan paling sedikit ditemukan pada bentuk foam yaitu

sebanyak 74 partikel atau 1.69% dari jumlah mikroplastik pada AM. Pada sampel LM, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu bentuk fragment sebanyak 2318 partikel atau 38.42% dari jumlah mikroplastik pada LM dan paling sedikit ditemukan pada bentuk fiber yaitu sebanyak 516 partikel atau 8.55% dari jumlah mikroplastik pada LM. Pada sampel GA, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu bentuk fragment sebanyak 1308 partikel atau 37.64% dari jumlah mikroplastik pada GA dan paling sedikit ditemukan pada bentuk fiber yaitu sebanyak 374 partikel atau 10.76% dari jumlah mikroplastik pada GA. Sedangkan pada sampel K, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu bentuk fragment sebanyak 498 partikel atau 51.64% dari jumlah mikroplastik pada GA dan paling sedikit ditemukan pada bentuk pellet yaitu sebanyak 100 partikel atau 9.16% dari jumlah mikroplastik pada K.

Hal tersebut menjelaskan bahwa dari seluruh lokasi penelitian, bentuk mikroplastik yang dominan yakni fragment. Sedangkan mikroplastik yang jarang ditemukan yakni bentuk foam. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fakour dkk. (2021) pada tanah pertanian, diketahui bentuk mikroplastik yang ditemukan adalah fragment, fiber, foam, film, dan pellet dengan bentuk yang paling dominan yaitu fragment dan fiber. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Liu dkk. (2018) pada lahan pertanian di kota Shanghai, dimana mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah bentuk fiber dan fragment. Bentuk fragment memiliki karakteristik yang keras dan berasal dari kantong plastik serta kemasan lainnya (Hanif dkk., 2021; Sugandi dkk., 2021). Perbedaan bentuk mikroplastik yang ditemukan ini disebabkan adanya variasi komposisi plastik pada setiap bahan baku dan perbedaan perlakuan saat pembuatan kompos di TPS 3R.

Keberagaman bentuk dan ukuran mikroplastik dalam sampel dapat disebabkan oleh proses degradasi. Proses degradasi plastik dapat terjadi akibat adanya radiasi sinar UV, hidrolisis, oksidasi, suhu tinggi, dan tekanan atmosfer yang terjadi dalam jangka waktu yang lama (Hasibuan dkk., 2020; Fachrul dkk., 2021). Berbagai macam sifat mikroplastik seperti warna, elastisitas, kekuatan, dan sebagainya dapat dipengaruhi oleh radiasi sinar UV (Cong dkk., 2022),

Selanjutnya, suhu tinggi juga dapat menyebabkan terjadinya degradasi fisik pada plastik (Wagner & Lambert, 2018; Zhang dkk., 2021). Sehingga perbedaan bentuk mikroplastik yang ditemukan memungkinkan terjadi akibat dari proses degradasi fisik. Selain itu, mikroplastik juga bisa bersumber dari kemasan yang digunakan untuk wadah produk kompos, dimana kemasan yang digunakan biasanya adalah plastik dan karung. Berdasarkan Indraini (2019), karung dapat menjadi sumber dari mikroplastik bentuk fragment.

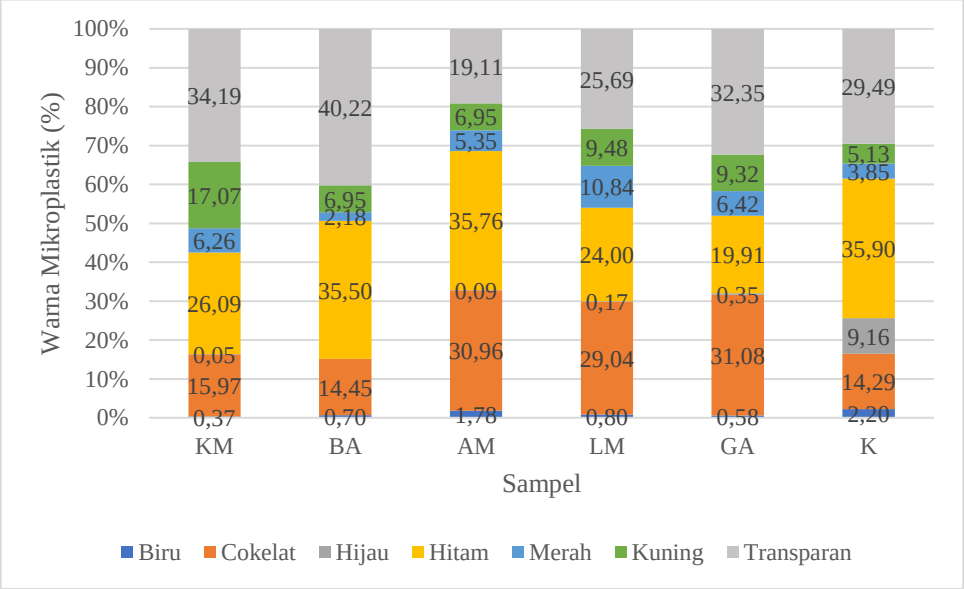
4.2.3 Mikroplastik Berdasarkan Warna

Penelitian sebelumnya yang dilakukan di stasiun pengomposan sampah domestik Provinsi Zhejiang, terdapat variasi warna mikroplastik pada kompos, yaitu merah, biru, hijau, hitam, dan transparan (Gui dkk., 2021). Kemudian penelitian lainnya pada lahan pertanian di kota Shanghai diketahui macam-macam warna mikroplastik yakni hitam, transparan, biru, hijau, dan merah (Liu dkk., 2018). Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada sampel kompos TPS 3R Kabupaten Sleman dan sampel kontrol, didapatkan tujuh variasi warna mikroplastik, yakni biru, cokelat, hijau, hitam, merah, kuning, dan transparan. Identifikasi warna mikroplastik dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop perbesaran 10x. Warna mikroplastik dihitung berdasarkan partikel warna yang terlihat pada masing-masing sampel. Hasil identifikasi mikroplastik berdasarkan warna dapat dilihat pada **Tabel 4.6.**

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Persentase Mikroplastik Berdasarkan Warna Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol

No	Kode Sampel	Warna Mikroplastik														Jumlah
		Biru		Cokelat		Hijau		Hitam		Merah		Kuning		Transparan		
		Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	
1	KM	16	0.37	694	15.97	2	0.05	1134	26.09	272	6.26	742	17.07	1486	34.19	4346
2	BA	28	0.70	582	14.45	0	0.00	1430	35.50	88	2.18	280	6.95	1620	40.22	4028
3	AM	78	1.78	1354	30.96	4	0.09	1564	35.76	234	5.35	304	6.95	836	19.11	4374
4	LM	48	0.80	1752	29.04	10	0.17	1448	24.00	654	10.84	572	9.48	1550	25.69	6034
5	GA	20	0.58	1080	31.08	12	0.35	692	19.91	223	6.42	324	9.32	1124	32.35	3475
6	K	24	2.20	156	14.29	100	9.16	392	35.90	42	3.85	56	5.13	322	29.49	1092

Dalam **Tabel 4.6** ditunjukkan jumlah partikel mikroplastik berdasarkan warna serta persentase setiap warna pada masing-masing lokasi. Selain dalam bentuk tabel, data juga dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.15.**



Gambar 4. 15 Persentase Mikroplastik pada Sampel Kompos TPS 3R dan Kontrol Berdasarkan Warna

Berdasarkan **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.15** terkait perhitungan serta persentase mikroplastik pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol berdasarkan warna, dapat dilihat bahwa mikroplastik terbagi menjadi tujuh warna, yaitu biru, cokelat, hijau, hitam, merah, kuning, dan transparan. Pada sampel KM, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu warna transparan sebanyak 1486 partikel atau 34.19% dari jumlah mikroplastik pada KM dan paling sedikit ditemukan pada warna hijau yaitu sebanyak 2 partikel atau 0.05% dari jumlah mikroplastik pada KM. Pada sampel BA, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu warna transparan sebanyak 1620 partikel atau 40.22% dari jumlah mikroplastik pada BA dan tidak ada mikroplastik berwarna hijau yang ditemukan. Pada sampel AM, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu warna hitam sebanyak 1564 partikel atau 35.76% dari jumlah mikroplastik pada AM dan paling sedikit ditemukan pada warna hijau yaitu sebanyak 4 partikel atau 0.09% dari jumlah mikroplastik pada AM. Pada

sampel LM, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu warna cokelat sebanyak 1752 partikel atau 29.04% dari jumlah mikroplastik pada LM dan paling sedikit ditemukan pada warna hijau yaitu sebanyak 10 partikel atau 0.17% dari jumlah mikroplastik pada LM. Pada sampel GA, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu warna transparan sebanyak 1124 partikel atau 32.35% dari jumlah mikroplastik pada GA dan paling sedikit ditemukan pada warna hijau yaitu sebanyak 12 partikel atau 0.35% dari jumlah mikroplastik pada GA. Sedangkan pada sampel K, mikroplastik yang paling banyak ditemukan yaitu warna hitam sebanyak 392 partikel atau 35.90% dari jumlah mikroplastik pada K dan paling sedikit ditemukan pada warna biru yaitu sebanyak 24 partikel atau 2.20% dari jumlah mikroplastik pada K.

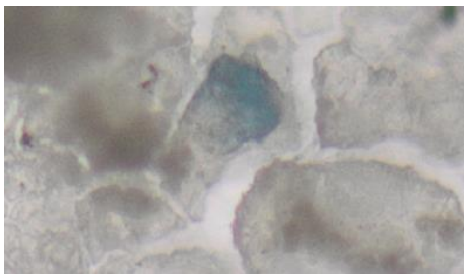
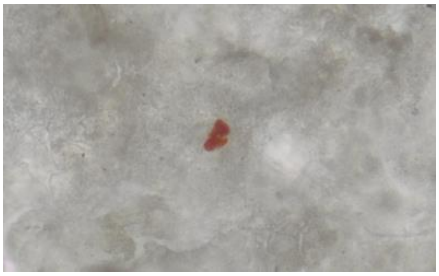
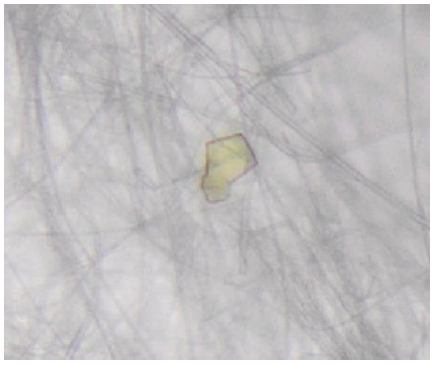
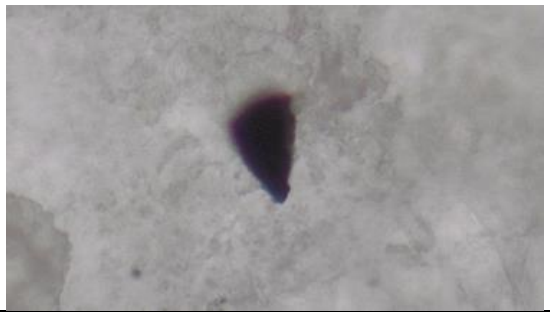
Hal tersebut menjelaskan bahwa dari seluruh lokasi penelitian, warna mikroplastik yang dominan yakni mikroplastik berwarna hitam, cokelat, dan transparan. Sedangkan mikroplastik yang jarang ditemukan yakni mikroplastik berwarna biru dan hijau. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Sholokhova dkk. (2022) pada pusat pengelolaan sampah regional Kaunas dan Alytus, diketahui mikroplastik yang ditemukan memiliki warna yang bervariasi, yaitu transparan, putih, hitam, biru dan cokelat. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fakour dkk. (2021) pada tanah pertahian, dimana mikroplastik yang paling banyak ditemukan berwarna hitam dan transparan.

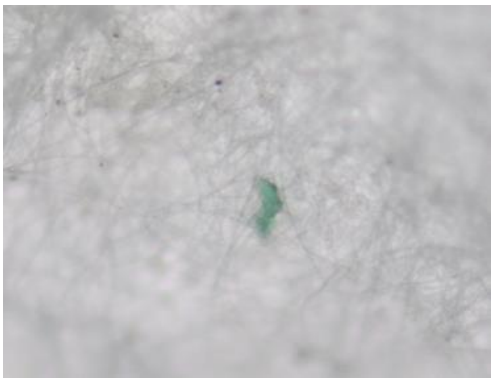
Variasi warna dari mikroplastik dipengaruhi oleh warna asal plastik dan masa pemakaiannya. Salah satunya seperti serat yang transparan berasal dari pecahan tali pancing atau jaring, sementara mikroplastik berwarna berasal dari pecahan plastik yang banyak digunakan yakni tekstil dan produk kemasan (Wang dkk., 2020). Masing-masing plastik memiliki ciri dan warna yang khas, sehingga sumber plastik dapat diperkirakan berdasarkan warna yang ditemukan (Seftianingrum et al., 2023).

Mikroplastik yang dominan ditemukan yakni berwarna hitam dan transparan. Mikroplastik berwarna hitam biasanya berasal dari plastik ukuran makro berwarna hitam seperti sampah plastik kresek yang mengalami degradasi. Warna hitam pada mikroplastik dapat mengindikasikan banyaknya kontaminan yang terserap karena warna hitam mampu menyerap polutan yang tinggi sehingga mikroplastik akan

menjadi lebih toksik (Hiwari et al., 2019; Sutanhaji dkk., 2021). Sedangkan mikroplastik berwarna transparan berasal dari degradasi plastik transparan atau berwarna berukuran makro yang kehilangan warnanya (Sugandi dkk., 2021). Proses degradasi ini dapat terjadi akibat paparan sinar UV, kondisi cuaca, maupun kontaminasi bahan kimia. Warna dari mikroplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.7.**

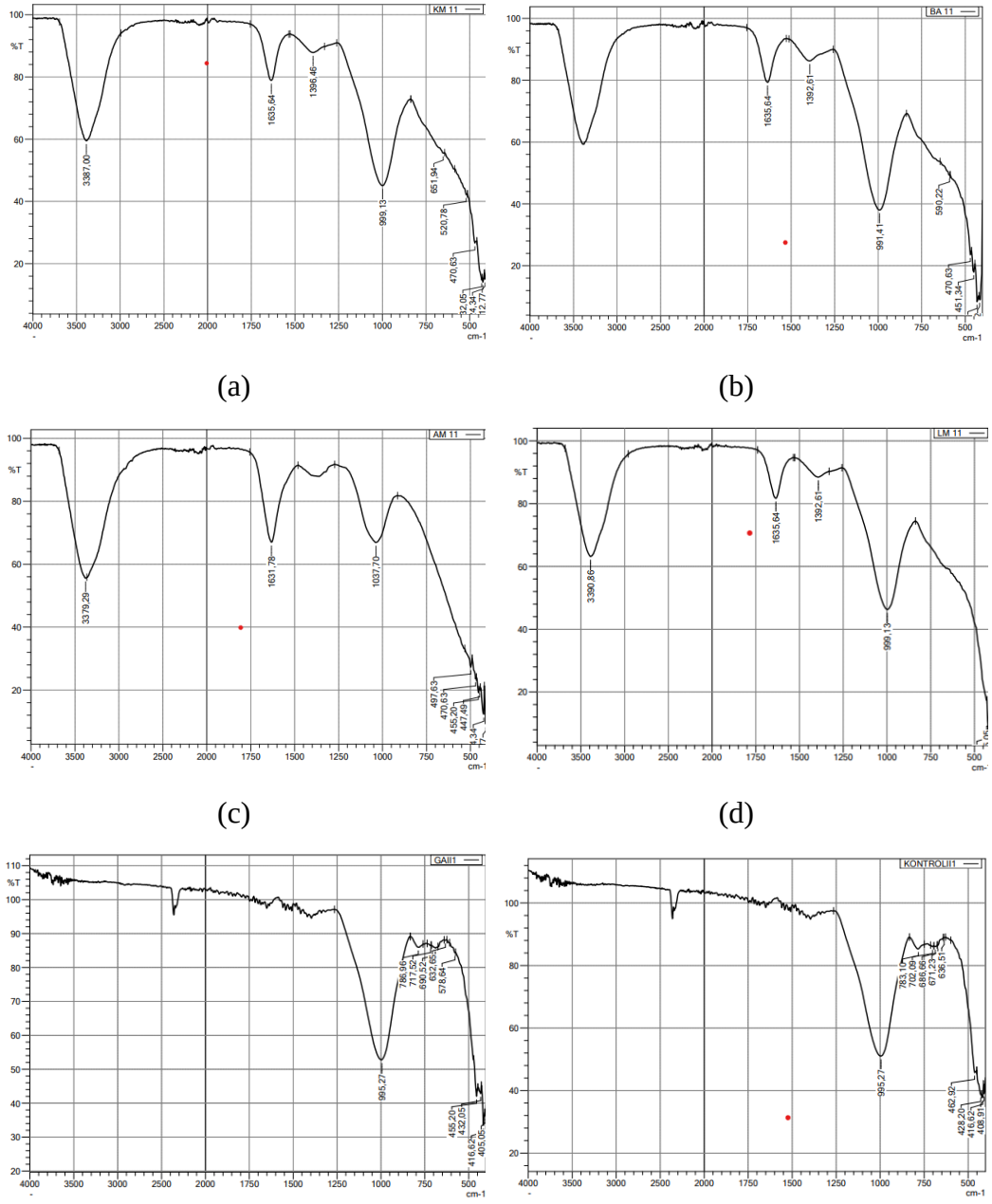
Tabel 4. 7 Hasil Pengamatan Mikroplastik Berdasarkan Warna pada Sampel Kompos TPS 3R dan Tanah Kontrol

Warna	**Gambar**
Biru	Merah
	
Cokelat	Kuning
	
Hitam	
	

Warna	Gambar
Hijau	Transparan
	

4.3 Jenis Polimer Dalam Mikroplastik

Tahapan selanjutnya setelah mengidentifikasi jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik ialah mengidentifikasi jenis polimer dari mikroplastik. Analisis jenis polimer pada sampel dilakukan dengan instrument *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (Spektrofotometri FT-IR). Instrument ini memiliki fungsi untuk mengidentifikasi dan mencari jenis polimer dari mikroplastik pada setiap sampel kompos TPS 3R. Pembacaan gelombang FTIR pada rentang panjang 400-4000 cm^{-1}. Analisis sampel uji dengan Spektrofotometri FT-IR dilakukan berdasarkan kuadran dengan jumlah mikroplastik terbanyak pada masing-masing sampel. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk grafik *peak* dan tabel perbandingan antara *peak* terbaca pada setiap sampel dengan *peak* acuan dari penelitian Veerasingam dkk. (2021). Hasil analisis jenis polimer dengan Spektrofotometri FT-IR pada masing-masing sampel dapat dilihat pada **Gambar 4.16** dan **Tabel 4.8.**



(a) (b)

(c) (d)

(e) (f)

Gambar 4. 16 Hasil Uji FT-IR: (a) KM, (b) BA, (c) AM, (d) LM, (e) GA, dan (f) K

Berdasarkan **Gambar 4.16**, dapat diketahui hasil pembacaan FT-IR pada sampel kompos TPS 3R di Kabupaten Sleman Utara dan Barat, D.I Yogyakarta. Jenis polimer mikroplastik dapat diidentifikasi berdasarkan nilai puncak yang terbaca pada setiap sampel dan dibandingkan dengan nilai puncak yang menjadi

acuan. Pada **Tabel 4.8** dapat dilihat hasil pendugaan jenis polimer pada masing-masing sampel kompos.

Tabel 4. 8 Pendugaan Jenis Polimer pada Sampel Kompos

Sampel	Nilai Peak (cm^{-1})	Nilai Peak Acuan (cm^{-1})	Dugaan Jenis Polimer
KM	520.78	509	PTFE
	651.94	638	
	999.13	997	PP
	1396.46	1409	PC
	1635.64	1634	Nylon
	3387	3298	
BA	590.22	554	PTFE
	991.41	997	PP
	1392.61	1377	
	1635.64	1634	Nylon
AM	1037.7	1027	PS
	1631.78	1634	Nylon
	3379.29	3298	
LM	999.13	997	PP
	1392.61	1377	
	1635.64	1634	Nylon
	3390.86	3298	
GA	578.64	554	PTFE
	632.65	638	
	690.52	687	Nylon
	717.52	717	HDPE/LDPE
	786.96	808	PP
	995.27	997	
K	636.51	638	PTFE
	671.23	687	Nylon
	686.66	687	
	702.09	694	PS
	783.1	808	PP
	995.27	997	

Berdasarkan **Gambar 4.16** dan **Tabel 4.8**, jenis polimer yang teridentifikasi pada sampel kompos TPS 3R dan kontrol diantaranya, yaitu *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Polypropylene* (PP), *Polycarbonate* (PC), *Nylon*, *Polystyrene* (PS), *High Density Polyethylene* (HDPE), dan *Low Density Polyethylene* (LDPE). Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing polimer tersebut:

1. Polytetrafluorethylene (PTFE)

   Polytetrafluorethylene merupakan jenis polimer yang banyak digunakan pada bidang industri, kemasan obat, dan makanan. Selain itu, menurut Inayah (2015), polimer ini biasanya dimanfaatkan sebagai pelapis anti lengket pada peralatan masak karena memiliki sifat isolasi yang baik.

2. Polypropylene (PP)

   Polypropylene merupakan polimer yang bersifat kaku dan tahan terhadap bahan kimia pelarut. Mikroplastik tipe fragmen, film, dan fiber biasanya merupakan jenis polimer *Polypropylene* daan *Polystyrene* (Pawar dkk., 2016; Seprandita dkk., 2022). Jenis polimer ini bersumber dari kemasan minuman, wadah plastik, botol shampoo, sedotan, tutup botol, wadah makanan, dan produk rumah tangga (Rahmadhani, 2019).

3. Polycarbonate (PC)

   Polycarbonate banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan lensa lampu lalu lintas (Sarasita, 2019), material pembentuk atap, pelapis dinding, botol minum, alat laboratorium, dan lensa kacamata. Polimer ini memiliki daya tahan terhadap reaksi kimia yang tinggi dan bersifat kaku.

4. Nylon

   Nylon merupakan polimer berbentuk serat yang kuat, ringan, dan tahan terhadap tegangan. Nylon banyak digunakan pada industri tekstil, seperti baju, kaos, dan sebagainya. Selain digunakan untuk industri tekstil, juga dapat digunakan dalam pembuatan tali, jala, bahkan parasut (Nor & Obbard, 2014; Rahmadhani, 2019). Menurut Zhang dkk. (2017), jenis polimer nylon merupakan sumber mikroplastik tipe fiber.

5. Polystyrene (PS)

   Polystyrene adalah jenis polimer yang paling banyak ditemukan di lingkungan karena banyak digunakan sebagai kemasan makanan, kemasan buah dan sayur, wadah telur, karton, dan kemasan minuman (Nor & Obbard, 2014; Alabi dkk., 2019). Mikroplastik tipe fragmen, film, dan fiber biasanya merupakan jenis polimer *Polypropylene* dan *Polystyrene* (Pawar dkk., 2016; Seprandita dkk., 2022).

6. High Density Polyethylene (HDPE)

   High Density Polyethylene banyak digunakan sebagai tas belanja, botol shampoo, wadah deterjen, dan sebagainya kaena lebih kuat dan rentan terhadap korosi.

7. Low Density Polyethylene (LDPE)

   Low Density Polyethylene banyak digunakan untuk kemasan, botol-botol yang lunak, kantong kresek, pelapis karton susu, wadah makanan, dan plastik tipis lainnya.

4.4 Hubungan Aktivitas Pengomposan dengan Karakteristik Mikroplastik dan Jenis Senyawa Polimer

1. TPS 3R Kenanga Merdiko (KM)

   Metode pembuatan kompos yang digunakan di TPS 3R KM, yaitu pemilahan secara manual, pencacahan dengan bantuan mesin, pengomposan dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan mesin, dan produk kompos dikemas. Bahan baku pembuatan kompos yang digunakan pada TPS 3R ini merupakan sampah organik yang berasal dari rumah tangga. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel KM sebanyak 4346 partikel. Dimana bentuk mikroplastik yang mendominasi adalah fragment sebanyak 2266 partikel atau 52.14% dan paling sedikit adalah foam sebanyak 144 partikel atau 3.31%. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah transparan sebanyak 1486 partikel atau 34.19% dan paling sedikit adalah hijau sebanyak 2 partikel atau 0.05%. Berdasarkan perhitungan jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik,

diketahui bahwa mikroplastik yang banyak ditemukan pada sampel ini yaitu fragment berwarna hitam. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel ini, diantaranya yaitu PTFE, PP, PC, dan Nylon. Mikroplastik tipe fragment termasuk ke dalam jenis polimer *Polypropylene* (PP) yang dihasilkan dari pecahan kemasan makanan, sedotan, botol minum, dan tali.

2. TPS 3R Bumdes Amarta (BA)

   Metode pembuatan kompos yang digunakan di TPS 3R BA, yaitu pemilahan secara manual, pencacahan dengan mesin, pengomposan dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan mesin, dan produk kompos dikemas. Bahan baku pembuatan kompos yang digunakan pada TPS 3R ini merupakan sampah organik yang berasal dari rumah tangga. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel BA sebanyak 4028 partikel. Dimana bentuk mikroplastik yang mendominasi adalah fragment sebanyak 2114 partikel atau 52.48% dan paling sedikit adalah foam sebanyak 90 partikel atau 2.23%. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah transparan sebanyak 1620 partikel atau 40.22% dan tidak ditemukan mikroplastik berwarna hijau. Berdasarkan perhitungan jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik, diketahui bahwa mikroplastik yang banyak ditemukan pada sampel ini yaitu fragment berwarna hitam. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel ini, diantaranya yaitu PTFE, PP, dan Nylon. Mikroplastik tipe fragment termasuk ke dalam jenis polimer *Polypropylene* (PP) yang dihasilkan dari pecahan kemasan makanan, sedotan, dan tali.

3. TPS 3R Asri Murakrambi (AM)

   Metode pembuatan kompos yang digunakan di TPS 3R AM, yaitu pemilahan secara manual dan dengan bantuan mesin, pencacahan dengan mesin, pengomposan dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan mesin, dan produk kompos dikemas. Bahan baku pembuatan kompos yang digunakan pada TPS 3R ini merupakan sampah organik yang berasal dari rumah tangga. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel AM sebanyak 4374 partikel. Dimana bentuk mikroplastik yang mendominasi adalah

fragment sebanyak 1894 partikel atau 43.30% dan paling sedikit adalah foam sebanyak 74 partikel atau 1.69%. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah hitam sebanyak 1564 partikel atau 35.76% dan yang paling sedikit hijau sebanyak 4 partikel atau 0.09%. Berdasarkan perhitungan jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik, diketahui bahwa mikroplastik yang banyak ditemukan pada sampel ini yaitu fragment berwarna hitam. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel ini, diantaranya yaitu PS dan Nylon. Mikroplastik tipe fragment termasuk ke dalam jenis polimer *Polystyrene* (PS) yang dihasilkan dari pecahan kemasan makanan, kemasan minuman, dan tali.

4. TPS 3R Limbah Makmur (LM)

   Metode pembuatan kompos yang digunakan di TPS 3R LM, yaitu pemilahan dengan bantuan mesin, pencacahan dengan mesin, pengomposan dengan metode *EM4*, pengayakan dengan mesin, dan produk kompos tidak dikemas. Bahan baku pembuatan kompos yang digunakan pada TPS 3R ini merupakan sampah organik yang berasal dari rumah tangga. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel LM sebanyak 6034 partikel. Dimana bentuk mikroplastik yang mendominasi adalah fragment sebanyak 2318 partikel atau 38.42% dan paling sedikit adalah fiber sebanyak 516 partikel atau 8.55%. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah cokelat sebanyak 1752 partikel atau 29.04% dan paling sedikit hijau sebanyak 10 partikel atau 0.17%. Berdasarkan perhitungan jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik, diketahui bahwa mikroplastik yang banyak ditemukan pada sampel ini yaitu fragment berwarna hitam. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel ini, diantaranya yaitu PP dan Nylon. Mikroplastik tipe fragment termasuk ke dalam jenis polimer *Polypropylene* (PP) yang dihasilkan dari pecahan kemasan makanan, sedotan, dan tali.

5. TPS 3R Gambir Asri (GA)

   Metode pembuatan kompos yang digunakan di TPS 3R GA, yaitu pemilahan secara manual, pencacahan dengan manual, pengomposan

dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan mesin, dan produk kompos dikemas. Bahan baku pembuatan kompos yang digunakan pada TPS 3R ini merupakan sampah organik yang berasal dari rumah tangga. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel GA sebanyak 3475 partikel. Dimana bentuk mikroplastik yang mendominasi adalah fragment sebanyak 1308 partikel atau 37.64% dan paling sedikit adalah fiber sebanyak 374 partikel atau 10.76%. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah transparan sebanyak 1124 partikel atau 32.35% dan paling sedikit hijau sebanyak 12 partikel atau 0.35%. Berdasarkan perhitungan jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik, diketahui bahwa mikroplastik yang banyak ditemukan pada sampel ini yaitu fragment berwarna hitam. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel ini, diantaranya yaitu PTFE, Nylon, HDPE, LDPE, dan PP. Mikroplastik tipe fragment termasuk ke dalam jenis polimer *Polypropylene* (PP) yang dihasilkan dari pecahan kemasan makanan, tali, plastik kresek, wadah deterjen, dan sedotan.

6. Kompos Kontrol

Metode yang digunakan dalam pembuatan kompos kontrol ini yaitu ranting serta dedaunan Kaliandra yang sudah dibersihkan kemudian dipilah dan dikeringkan. Bahan baku yang digunakan pada kompos kontrol ini merupakan ranting dan dedaunan tanaman kaliandra. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel K sebanyak 1092 partikel. Dimana jenis mikroplastik yang mendominasi adalah fragment sebanyak 498 partikel atau 45.60% dan paling sedikit adalah pellet sebanyak 100 partikel atau 9.16%. Warna mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah hitam sebanyak 392 partikel atau 35.90% dan yang paling sedikit biru sebanyak 24 partikel atau 2.20%. Berdasarkan perhitungan jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik, diketahui bahwa mikroplastik yang banyak ditemukan pada sampel ini yaitu fragment berwarna hitam. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel ini, diantaranya yaitu PTFE, Nylon, PS, dan PP. Mikroplastik tipe fragment termasuk ke dalam jenis polimer

Polypropylene (PP) dan *Polystyrene* (PS) yang dihasilkan dari pecahan kemasan makanan, tali, dan sedotan.

Berdasarkan deskripsi di atas, hasil analisis hubungan aktivitas pengomposan dengan karakteristik mikroplastik masing-masing sampel dapat dilihat pada **Tabel 4.9**. Hasil identifikasi mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, dan warna yang didapatkan pada setiap sampel berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan adanya perbedaan bahan baku yang digunakan serta perlakuan yang diberikan pada masing-masing produk kompos.

Tabel 4.9 Hubungan Antara Aktivitas Pengomposan dengan Karakteristik Mikroplastik dan Jenis Senyawa Polimer

Kode Sampel	Aktivitas Pengomposan	Jumlah MPs	Bentuk MPs	Warna MPs	Jens Poliner
KM	Pemilahan: Manual Pencacahan: Mesin Pengomposan: *Open windrow* Pengayakan: Mesin Pengemasan: Dikemas	4346 partikel	Paling banyak: Fragment (2266 partikel atau 52.14%) Paling sedikit: Foam (144 partikel atau 3.31%)	Paling banyak: Transparan (1486 partikel atau 34.19%) Paling sedikit: Hijau (2 partikel atau 0.05%)	PTFE PP PC Nylon
BA	Pemilahan: Manual Pencacahan: Mesin Pengomposan: *Open windrow* Pengayakan: Mesin Pengemasan: Dikemas	4028 partikel	Paling banyak: Fragment (2114 partikel atau 52.48%) Paling sedikit: Foam (90 partikel atau 2.23%)	Paling banyak: Transparan (1620 partikel atau 40.22%) Paling sedikit: Hijau (tidak ditemukan)	PTFE PP Nylon
AM	Pemilahan: Manual & Mesin Pencacahan: Mesin Pengomposan: *Open windrow* Pengayakan: Mesin	4374 partikel	Paling banyak: Fragment (1894 partikel atau 43.30%) Paling sedikit: Foam (74 partikel atau 1.69%)	Paling banyak: Hitam (1564 partikel atau 35.76%) Paling sedikit: Hijau (4 partikel atau 0.09%)	PS Nylon

Kode Sampel	Aktivitas Pengomposan	Jumlah MPs	Bentuk MPs	Warna MPs	Jens Poliner
	Pengemasan: Dikemas				
LM	Pemilahan: Mesin Pencacahan: Mesin Pengomposan: EM4 Pengayakan: Mesin Pengemasan: Tidak dikemas	6034 partikel	Paling banyak: Fragment (2318 partikel atau 38.42%) Paling sedikit: Fiber (516 partikel atau 8.55%)	Paling banyak: Cokelat (1752 partikel atau 29.04%) Paling sedikit: Hijau (t10 partikel atau 0.17%)	PP Nylon
GA	Pemilahan: Manual Pencacahan: Manual Pengomposan: *Open windrow* Pengayakan: Mesin Pengemasan: Dikemas	3475 partikel	Paling banyak: Fragment (1308 partikel atau 37.64%) Paling sedikit: Fiber (374 partikel atau 10.76%)	Paling banyak: Transparan (1124 partikel atau 32.35%) Paling sedikit: Hijau (12 partikel atau 0.35%)	PTFE Nylon HDPE LDPE PP
K	Pengeringan ranting dan dedaunan Kaliandra.	1092 partikel	Paling banyak: Fragment (498 partikel atau 45.60%) Paling sedikit: Pellet (100 partikel atau 9.16%)	Paling banyak: Hitam (392 partikel atau 35.90%) Paling sedikit: Biru (24 partikel atau 2.20%)	PTFE Nylon PS PP

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan terkait Identifikasi Keberadaan Mikroplastik Pada Kompos di TPS 3R Kabupaten Sleman, dapat disimpulkan bahwa:

1. Aktivitas pengomposan di TPS 3R terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu pemilahan, pencacahan, pengomposan, pengayakan, dan pengemasan. Pada setiap tahap pembuatan kompos terdapat dua metode untuk pelaksanaannya, yakni manual dan mekanis. Secara manual berarti dilakukan dengan tenaga pekerja, sedangkan secara mekanis berarti diproses dengan bantuan mesin. TPS 3R Kenanga Merdiko dan TPS 3R Bumdes Amarta melakukan pemilahan secara manual, pencacahan dengan bantuan mesin, pengomposan dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan bantuan mesin pengayak, dan produk akhir kompos dikemas untuk dijual. Selanjutnya, TPS 3R Asri Murakrambi melakukan pemilahan secara manual dan mekanis, pencacahan dengan alat cacah pilah, pengomposan dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan mesin pengayak, dan produk akhir kompos dikemas untuk dijual. Kemudian TPS 3R Limbah Makmur melakukan pemilahan dengan bantuan mesin *conveyor*, pencacahan dengan mesin pencacah, pengomposan dengan metode EM4, dan pengayakan dengan bantuan mesin pengayak. Sedangkan TPS 3R Gambir Asri melakukan pemilahan serta pencacahan secara manual, pengomposan dengan metode *open windrow*, pengayakan dengan bantuan mesin, dan produk akhir kompos dikemas untuk dijual.
2. Hasil analisis pada sampel kompos didapatkan memiliki jumlah dan kelimpahan yag berbeda-beda. Sampel KM memiliki jumlah sebesar 4346 partikel atau sebesar 434,6 partikel/gram, sampel BA memiliki jumlah sebesar 4028 partikel atau sebesar 402,8 partikel/gram, dan sampel AM memiliki jumlah sebesar 4374 partikel atau sebesar 437,4 partikel/gram. Kemudian sampel LM memiliki jumlah sebesar 6034 partikel atau sebesar

603.4 partikel/gram dan sampel GA memiliki jumlah sebesar 3475 partikel atau sebesar 347.5 partikel/gram. Bentuk mikroplastik yang ditemukan pada sampel terbagi menjadi 5, yakni Fiber, Fragment, Film, Pellet, dan Foam dengan variasi warna biru, cokelat, hijau, hitam, merah, kuning, dan transparan. Bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan yaitu fragment. Sedangkan warna mikroplastik yang banyak ditemukan yaitu transparan, cokelat, dan hitam.

3. Jenis polimer yang teridentifikasi pada sampel KM yaitu *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Polypropylene* (PP), *Polycarbonate* (PC), dan *Nylon*. Jenis polimer yang teridentifikasi pada sampel BA yaitu *Polytetrafluorethylene* (PTFE) dan *Polypropylene* (PP). Kemudian pada sampel AM yang teridentifikasi adalah *Polystyrene* (PS) dan *Nylon*. Selanjutnya pada sampel LM jenis polimer yang teridentifikasi adalah *Polypropylene* (PP) dan *Nylon*. Sedangkan pada sampel GA, jenis polimer yang teridentifikasi adalah *Polytetrafluorethylene* (PTFE), *Nylon*, *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *Polypropylene* (PP).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai masukan untuk penelitian berikutnya, yaitu:

1. Dalam melakukan penelitian, perlu memahami metode yang digunakan lebih dalam dan mengenali berbagai jenis mikroplastik supaya mendapatkan hasil analisis yang akurat. Pengamatan dengan mikroskop membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk meminimalisir adanya kesalahan.
2. Pada saat menyimpan dan melakukan pengujian sampel, untuk menghindari terjadinya kontaminasi yang tidak diinginkan perlu memperhatikan peralatan yang digunakan dan lingkungan sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, A. Z. (2018). Evaluasi Pengolahan Sampah Organik TPS 3R di Desa Gunungpiring, Kecamatan Muntilan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. *Skripsi*. https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/11108

Afifah, N., Auvaria, S. W., Nengse, S., Utama, T. T., & Yusrianti, Y. (2021). Studi Komparasi Metode Pengomposan Secara Windrow, Bata Berongga Dan Vermikomposting. *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, *19*(1), 121–128. https://doi.org/10.31964/jkl.v19i1.468

Ahmad, T., Durrani, S. S., Iftikhar, F. J., Musharraf, S. G., & Malik, M. I. (2021). Concurrent ring-opening and atom transfer radical polymerization for synthesis of block copolymers, and their comprehensive chromatographic characterization. *European Polymer Journal*, *142*. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.110161

Alabi, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O., & Alalade, O. E. (2019). Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review. *J Toxicol Risk Assess*, *5*, 21. https://doi.org/10.23937/2572

Alimi, O. S., Farner Budarz, J., Hernandez, L. M., & Tufenkji, N. (2018). Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. *Environmental Science and Technology* (Vol. 52, Nomor 4, hlm. 1704–1724). American Chemical Society. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05559

Anderson, A., Andrady, A. L., & Baker, J. E. (t.t.). *Sources, Fate And Effects Of Microplastics In The Marine Environment: A Global Assessment*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3803.7925

Arthur, Courtney et al. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. www.MarineDebris.noaa.go

Avio, C. G., Cardelli, L. R., Gorbi, S., Pellegrini, D., & Regoli, F. (2017). Microplastics pollution after the removal of the Costa Concordia wreck: First evidences from a biomonitoring case study. *Environmental Pollution*, *227*, 207–214. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.066

Ayuningtyas, W. C., Yona, D., Julinda, S. H., & Irnawati, F. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 41–45.

Aziz, S. Q., Omar, I., & Mustafa, J. S. (2018). Design And Study For Composting Process Site. *International Journal of Engineering Inventions*, 7(9), 09–18. https://www.researchgate.net/publication/329000060

Bara, M., Malino, allo, & Pahlanop Lapanporo, B. (2013). *Analisis Data Spektrum Spektroskopi FT-IR untuk Menentukan Tingkat Oksidasi Polianilin*. *I*(2), 92–96.

Barboza, L. G. A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A.-K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348. https://doi:10.1016/j.marpolbul.2018.05.047

Bradney, L., Wijesekara, H., Palansooriya, K. N., Obadamudalige, N., Bolan, N. S., Ok, Y. S., Rinklebe, J., Kim, K-H., Kirkham, M. B. (2019). Particulate Plastics as a Vector for Toxic Trace-element Uptake by Aquatic and Terrestrial Organisms and Human Health Risk. *Environ Int*, 131:104937. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.10493

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, *45*(21), 9175–9179. https://doi.org/10.1021/es201811s

Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., & Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource Technology* (Vol. 248, hlm. 57–67). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133

Claessens, M., Meester, S. De, Landuyt, L. Van, Clerck, K. De, & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(10), 2199–2204. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030

Darmasetiawan, Martin. (2004). *Daur Ulang Sampah dan Pembuatan Kompos*. Jakarta: Ekamitra Engineering.

Dewi S, F. M., & Kusnoputranto, H. (2022). Analisis Kualitas Kompos dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Molase dengan Metode Takakura. *Poltekita : Jurnal Ilmu Kesehatan*, *16*(1), 67–73. https://doi.org/10.33860/jik.v16i1.1039

Dewilda, Y., Silvia, S., Riantika, M., & Zulkarnaini. (2021). Food Waste Composting with The Addition Of Cow Rumen Using The Takakura Method and Identification of Bacteria that Role in Composting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1041*(1), 012028. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1041/1/012028

Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2017). Petunjuk Teknis Tps 3r Tempat Pengolahan Sampah 3r. Badan Penelitian Dan Pengembangan - Pusat Penelitian Dan Pengembangan Permukiman: 152.

Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe* (Vol. 28, Nomor 1, hlm. 1–25). Springer Verlag. https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y

Dyah Siswati, N., Theodorus, H., Puguh, D., & Eko, W. (2009). Kajian Penambahan Effective Microorganisms (Em 4) Pada Proses Dekomposisi Limbah Padat Industri Kertas. *Buana Sains* (Vol. 9).

Edo, C., Fernández-Piñas, F., & Rosal, R. (2022). Microplastics identification and quantification in the composted Organic Fraction of Municipal Solid Waste. *Science of the Total Environment*, *813*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151902

Fachrul, R., & Tazkiaturrizki, A. (2021). *Degradasi Mikroplastik Pada Ekosistim Perairan Oleh Bakteri Kultur Campuran Clostridium Sp. Dan Thiobacillus Sp*. *6*(2), 304–316. https://doi.org/10.25105/pdk.v6i2.9536

Fakour, H., Lo, S. L., Yoashi, N. T., Massao, A. M., Lema, N. N., Mkhontfo, F. B., Jomalema, P. C., Jumanne, N. S., Mbuya, B. H., Mtweve, J. T., & Imani, M. (2021). Quantification and analysis of microplastics in farmland soils: Characterization, sources, and pathways. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(4). https://doi.org/10.3390/agriculture11040330

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

Gui, J., Sun, Y., Wang, J., Chen, X., Zhang, S., & Wu, D. (2021). Microplastics in composting of rural domestic waste: abundance, characteristics, and release from the surface of macroplastics. *Environmental Pollution*, *274*. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116553

Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, *10*(1), 1–6. https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.26832

Hao, L., Li, Y., Gong, P., & Xiong, W. (2018). Material, process and business development for 3D chocolate printing. *Fundamentals of 3D Food Printing and Applications* (hlm. 207–255). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814564-7.00008-0

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

Hastuti, A., Fredinan, Y., & Yusli, W. (2014). Distribusi Spasial Sampah Laut di Ekosistem Mangrove Pantai Indah Kapuk. *Bonorowo Wetlands*, 4(2), 94– 107. https://doi.org/10.13057/bonorowo/w040203

Hemidat, S., Jaar, M., Nassour, A., & Nelles, M. (2018). Monitoring of Composting Process Parameters: A Case Study in Jordan. *Waste and Biomass Valorization*, *9*(12), 2257–2274. https://doi.org/10.1007/s12649-018-0197-x

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, *46*(6), 3060–3075. https://doi.org/10.1021/es2031505

Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kodisi Sampah Mikroplastik di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2), 165–171. https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204

Inayah, N. (2015). Studi Eksperimen dan Analisis Keausan Journal Bearing dengan Lapisan Pasta pada Rotary Valve Mesin Pembuat Pasta. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. 70 hal.

Indriani, R. D. (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. *Skripsi*. Universitas Muslim Indonesia.

Istiqomah, Nurul. (2020). Pemanfaatan Media Cangkang Kerang Sebagai Filter Tambak Untuk Mereduksi Mikroplastik Pada Air Laut. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Jiménez-Antillón, J., Calleja-Amador, C., & Romero-Esquivel, L. G. (2018). Food waste recovery with Takakura portable compost boxes in offices and working places. *Resources*, *7*(4). https://doi.org/10.3390/resources7040084

Kong, Z., Wang, X., Liu, Q., Li, T., Chen, X., Chai, L., Liu, D., & Shen, Q. (2018). Evolution of various fractions during the windrow composting of

chicken manure with rice chaff. *Journal of Environmental Management*, *207*, 366–377. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.023

Kovač Viršek, M., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P., & Kržan, A. (2016). Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of visualized experiments : JoVE*, *118*. https://doi.org/10.3791/55161

Kumar, M., Xiong, X., He, M., Tsang, D. C. W., Gupta, J., Khan, E., Harrad, S., Hou, D., Ok, Y. S., & Bolan, N. S. (2020). Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution* (Vol. 265). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114980

Li, C., Jiang, B., Guo, J., Sun, C., Shi, C., Huang, S., Liu, W., Wu, C., & Zhang, Y. (2022). Aging Process of Microplastics in the Aquatic Environments: Aging Pathway, Characteristic Change, Compound Effect, and Environmentally Persistent Free Radicals Formation. *Water (Switzerland)* (Vol. 14, Nomor 21). MDPI. https://doi.org/10.3390/w14213515

Li, Y., & Wang, B. (2021). Go green and recycle: Analyzing the usage of plastic bags for shopping in china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(23). https://doi.org/10.3390/ijerph182312537

Liu, M., Lu, S., Song, Y., Lei, L., Hu, J., Lv, W., Zhou, W., Cao, C., Shi, H., Yang, X., & He, D. (2018). Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environmental Pollution*, *242*, 855–862. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.051

Lusher, A., Hollman, P. C. H., Mendoza-Hill, J., & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture : status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*.

Mohamed Nor, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, *79*(1–2), 278–283. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025

Nainggolan, D. H., Indarjo, A., & Suryono, C. A. (2022). Mikroplastik yang Ditemukan di Perairan Karangjahe, Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, *11*(3), 374–382. https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.35021

Nugroho, D. H., Restu I. W., & Ernawati, N. M. (2018). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, I(1), 80–90.

NOAA. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. www.MarineDebris.noaa.gov

Novarini, E., & Sukardan, M. D. (2015). Potensi Serat Rami (Boehmeria Nivea S. Gaud) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil Dan Produk Tekstil Dan Tekstil Teknik. *Arena Tekstil*, 30(2), 113–122

Ratnasari, Irene O. 2017. Identifikasi Jenis dan Jumlah Mikroplastik Pada Ikan Nila Hitam (Oreochromis niloticus) di Perairan Air Payau Semarang. *Skripsi*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.

Praptana, R. H. (2017). *Acceleration of Aerobic Composting Process Using Biodecomposer*. https://doi.org/10.21082/psp.v16n1.2017

Rahmadhani, F. (2019). Identifikasi dan Analisis Kandungan Mikroplastik pada Ikan Pelagis dan Demersal serta Sedimen dan Air Laut di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Skipsi*. 16 Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya. 78 hal.

Ramchandra Pawar, P., Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S., & Patil Authors, R. B. (2016). Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, *3*(1), 40–54. www.pencilacademicpress.org/ppbs

Resmi Permatasari, D., Dyah Radityaningrum, A., Teknik Lingkungan, J., Teknik Sipil dan Perencanaan, F., & Teknologi Adhi Tama Surabaya, I. (t.t.). *Kajian Keberadaan Mikroplastik Di Wilayah Perairan: Review*.

Rodrigues, L. C., Puig-Ventosa, I., López, M., Martínez, F. X., Ruiz, A. G., & Bertrán, T. G. (2020). The impact of improper materials in biowaste on the quality of compost. *Journal of Cleaner Production*, *251*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119601

Ruslinda, Y., Aziz, R., Sari, N., & Arum, L. S. (2021). The effect of chopping raw material on composting result with the biopore infiltration hole method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1041*(1), 012033. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1041/1/012033

Sarasita, D., Yunanto, A., & Yona, D. (2019). Kandungan Mikroplastik pada Empat Jenis Ikan Ekonomis Penting di Perairan Selat Bali. Jurnal Iktiologi Indonesia, 20(1), 1–12

Saraswati, R. & Praptana, R, H. (2017). Percepatan Proses Pengomposan Aerobik Menggunakan Biodekomposer. Jurnal Perspektif, 16(1), 44 – 56. http://dx.doi.org/10.21082/psp.v16n1.2017

Sari, Kuasa. (2018). Keberadaan Mikroplastik Pada Hewan Filter Feeder Di Padang Lamun Kepulauan Spermonde Kota Makassar. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin.

Sarwo, A., Sudrajat, E., Santoso, R. B., Sundaro -27, H., Kecamatan, D., Agus, K., Sudrajat, S. E., & Sundaro, H. (2023). Tingkat Partisipasi Masyarakat Dalam Perencanaan TPS 3R. *Jurnal Kajian Ruang* (Vol. 3). http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kr

Seftianingrum, B., Hidayati, I., & Zummah, A. (2023). Identifikasi Mikroplastik pada Air, Sedimen, dan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) di Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Pendidikan Sains Biologi*, 10(1), 68–82. https://doi.org/10.33059/jj.v10i1.740

Seprandita, C. W., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Zona Pemukiman, Zona Pariwisata dan Zona Perlindungan Kepulauan Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, *11*(1), 111–122. https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.30189

Setiawan, A., Wijaya, R., & Mesin Fakultas Teknik Institut Sains Dan Teknologi Al Kamal Jakarta, T. (2024). *Pembuatan dan Pengujian Mesin*

Pencacah Sampah Organik dan Pemilah Sampah Plastik dengan Kapasitas 180 Kg/Jam. *9*(1), 7–18.

Shokri, J., & Adibki, K. (2013). Application of Cellulose and Cellulose Derivatives in Pharmaceutical Industries. *Cellulose - Medical, Pharmaceutical and Electronic Applications.* https://doi.org/10.5772/55178

Sholokhova, A., Ceponkus, J., Sablinskas, V., & Denafas, G. (2022). Abundance and characteristics of microplastics in treated organic wastes of Kaunas and Alytus regional waste management centres, Lithuania. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(14), 20665–20674. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17378-6

Sistem Informasi Pengelolaa Sampah Nasional. (2021). Grafik Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah. Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/

Siswati, N. D., Theodorus, H., & Eko, P. W. (2009). Kajian Penambahan Effective Microorganisms (EM4) Pada Proses Dekomposisi Limbah 81 Padat Industri 74 Kertas. *Buana Sains*, 9(1), 63–68. https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/viewFile/225/226

Sugandi, D., Agustiawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *POSITRON*, *11*(2), 112. https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355

Sutanhaji, A. T., Rahadi, B., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, *8*(2), 74–84. https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., Mcgonigle, D., & Russell, A. E. (t.t). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? www.sciencemag.org/cgi/content/full/304/5672/838

Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Guganathan, L.,

Aboobacker, V. M., & Vethamony, P. (2021). Contributions of Fourier transform infrared spectroscopy in microplastic pollution research: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *51*(22), 2681–2743. https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1807450

Wagner, E. M., & Lambert, S. (2018). *Freshwater Microplastics*.

Wahyuningsih, H., Bangun, A. P., & Muhtadi, A. (2018). The relation of sediment texture to macro- and microplastic abundance in intertidal zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *122*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012101

Wahyuningsih, S., Widiati, B., Melinda, T., & Abdullah, T. (2023). Sosialisasi Pemilahan Sampah Organik dan Non-Organik Serta Pengadaan Tempat Sampah Organik dan Non-Organik. *Dedikasi Saintek Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *2*(1), 7–15. https://doi.org/10.58545/djpm.v2i1.103

Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., & Zhang, P. (2019). Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. *Science of the Total Environment* (Vol. 691, hlm. 848–857). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.209

Wang, Z., Lin, T., & Chen, W. (2020). Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). *Science of the Total Environment*, *700*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134520

Widianarko, B. & Hantoro, I. (2018). *Mikroplastik dalam Seafood*. www.unika.ac.id

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* (Vol. 178, hlm. 483–492). https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031

Yin, L., Jiang, C., Wen, X., Du, C., Zhong, W., Feng, Z., Long, Y., & Ma, Y. (2019). Microplastic pollution in surface water of urban lakes in changsha, china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(9). https://doi.org/10.3390/ijerph16091650

Yona, D., Di Prikah, F. A., & As'adi, M. A. (2020). Identifikasi dan Perbandingan Kelimpahan Sampah Plastik Berdasarkan Ukuran pada Sedimen di Beberapa Pantai Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *18*(2), 375–383. https://doi.org/10.14710/jil.18.2.375-383

Yu, K., Li, S., Sun, X., Cai, L., Zhang, P., Kang, Y., Yu, Z., Tong, J., & Wang, L. (2019). Application of seasonal freeze-thaw to pretreat raw material for accelerating green waste composting. *Journal of Environmental Management*, *239*, 96–102. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.128

Zhang, G. S., & Liu, Y. F. (2018). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Science of the Total Environment*, *642*, 12–20. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.004

Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K. H., Wu, C., & Lam, P. K. S. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution* (Vol. 274). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554

Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., Wang, Y., Mu, J., Wang, P., Lin, X., & Ma, D. (2017). Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, *231*, 541–548. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.058

LAMPIRAN



Lampiran 1. Kodisi Eksisting TPS 3R Kenanga Merdiko



Lampiran 2. Kodisi Eksisting TPS 3R Bumdes Amarta



Lampiran 3. Kodisi Eksisting TPS 3R Asri Murakrambi



Lampiran 4. Kodisi Eksisting TPS 3R Limbah Makmur



Lampiran 5. Kodisi Eksisting TPS 3R Gambir Asri



Lampiran 6. Kompos Kontrol