



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RE 184804

KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA AIR LINDI TPA RANDEGAN, KOTA MOJOKERTO

RAFIMARSA TAFQURY

NRP. 03211840000111

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

NIP. 19530706 198403 2 004

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



TUGAS AKHIR - RE 184804

KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA AIR LINDI TPA RANDEGAN, KOTA MOJOKERTO

RAFIMARSA TAF AQURY

NRP. 0321184000111

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

NIP. 19530706 198403 2 004

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE 184804

**MICROPLASTIC ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS IN
LEACHATE AT RANDEGAN LANDFILL, MOJOKERTO CITY**

RAFIMARSA TAF AQURY

NRP. 03211840000111

Supervisor

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

NIP. 19530706 198403 2 004

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA AIR LINDI TPA RANDEGAN, KOTA MOJOKERTO

TUGAS AKHIR

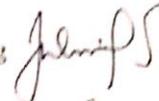
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **RAFIMARSA TAFQURY**
NRP. 0321184000111

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir .

1. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

Pembimbing



2. Arseto Yekti Bagastyo ST., MT., M.Phil., Ph.D.

Penguji



3. Susi Agustina Wilujeng ST., MT.

Penguji



4. Alfian Purnomo ST., MT.

Penguji



SURABAYA

Juli, 2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Rafimarsa Tafaqury / 0321184000111
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc. / 19530706 198403 2 004

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



(Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.)
NIP. 19530706 198403 2 004

Surabaya, 26 Juli 2022

Mahasiswa,



(Rafimarsa Tafaqury)
NRP. 0321184000111

Halaman ini sengaja dikosongkan

KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA AIR LINDI TPA RANDEGAN, KOTA MOJOKERTO

Nama Mahasiswa : Rafimarsa Tafaqury
NRP : 03211840000111
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

ABSTRAK

Sampah Kota Mojokerto yang berasal dari berbagai sumber diangkut dan ditimbun di TPA Randegan, Kota Mojokerto. Di TPA terjadi proses degradasi dan fragmentasi plastik menjadi mikroplastik (MP). Peristiwa tersebut menyebabkan lindi terkontaminasi MP. TPA Randegan telah dilengkapi dengan instalasi pengolahan lindi (IPL) yang terdiri dari 8 unit, yaitu: bak inlet, bak ekualisasi, bak aerasi, bak pengendap 1, bak pengendap 2 (2 unit), bak pengendap 3, dan bak outlet. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelimpahan dan karakteristik (ukuran, bentuk, jenis polimer, dan warna) dan sebaran MP pada unit-unit pengolahan dan efluen IPL, serta efisiensi penpisahannya.

Sampling dilakukan secara *grab* pada bagian influen dan efluen setiap unit-unit pengolahan, serta pada efluen IPL. Jumlah lokasi sampling pada penelitian ini adalah 2 lokasi. Sampling dilakukan dengan dua kali pengulangan yaitu pada tanggal 13 dan 20 Maret 2022 pukul 09.00 – 11.30. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan alat sampler berukuran 5 L. Ekstraksi MP dilakukan menggunakan metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) lalu disaring menggunakan *filter* dan membran *PTFE*. Kemudian MP diamati dan disortasi menggunakan *dissecting microscope* (1-1200X *digital microscope* HD 7 inch LCD screen 12 megapixels dan *Dino Capture 2.0*) dengan pembesaran 40× – 60×, sedangkan identifikasi jenis polimer MP menggunakan *Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™ 10 FTIR Spectrometer*.

Kelimpahan MP pada proses pengolahan air lindi di IPL TPA Randegan menurun dari $9,00 \pm 0,85$ partikel/L di inlet menjadi $2,20 \pm 0,28$ partikel/L pada efluen. Bentuk MP didominasi oleh bentuk fiber yaitu sebesar 78,55% dan fragmen sebesar 17,86%. Warna MP didominasi oleh warna hitam sebesar 66,91% dan warna merah sebesar 14,92%. Ukuran MP didominasi dengan ukuran 101 μm – 350 μm sebesar 37,51% dan 1 μm – 100 μm sebesar 30,58%. Jenis polimer yang ditemukan pada sampel adalah bakelit, *cellulose*, *polyethylene* (PE), *polyvinylidene fluoride* (PVDF), *polyamide* (PA), *polystyrene* (PS), *polypropylenesulfide* (PPS), *polycarbonate* (PC), *polyethyleneterephthalate* (PET) dan *polyacrylate*. Kelimpahan MP mengalami fluktuasi pada bak aerasi menuju bak pengendap 1. Unit IPL yang dapat menurunkan kelimpahan MP adalah bak ekualisasi (10%-16%), bak pengendap 1 (29%), bak pengendap 2A (8%-13%), bak pengendap 2B (9%-15%), bak pengendap 3 (27%-30%), total bak sedimentasi (59% - 62%), dan bak outlet (25%-29%). Total penyesihan MP pada IPL TPA Randegan adalah 75%-76%.

Kata kunci: karakteristik, kelimpahan, lindi, mikroplastik, TPA Randegan

Halaman ini sengaja dikosongkan

MICROPLASTIC ABUNDANCE AND CHARACTERISTICS IN LEACHATE AT RANDEGAN LANDFILL, MOJOKERTO CITY

Name : Rafimarsa Tafaqury
Registration Number : 03211840000111
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

ABSTRACT

Mojokerto City waste originating from various sources is transported and stored at the Randegan Landfill, Mojokerto City. In the landfill, there is a process of degradation and fragmentation of plastic into microplastic (MP). This incident caused the leachate to be contaminated with MP. Randegan Landfill has been equipped with a leachate treatment plant which consists of 8 units, namely: inlet tank, equalization tank, aeration tank, settling tank 1, settling tank 2 (2 units), settling tank 3, and outlet tank. This study aims to determine the characteristics (size, shape, polymer, and color) and distribution of MP in leachate processing units and treatment plant (LTP) effluent, as well as their removal efficiency.

Samples were collected from influent and effluent sections of each processing unit, as well as from the LTP effluent. The number of sampling in this study were 2 locations. Sampling was carried out twice, namely on 13 and 20 March 2022 at 09.00 – 11.30. The sample was taken using a 5 L sampler. The MP was extracted out using Wet Peroxide Oxidation (WPO) and filtered using PTFE membrane. Then MP was observed and sorted using a dissecting microscope (Sunshine SZM45T-B1 and Dino Capture 2.0) with 40× – 60× facilities. While the type of polymer MP uses a Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™ 10 FTIR Spectrometer.

The abundance of MP in the leachate treatment process at IPL TPA Randegan decreased from 9.00 ± 0.85 particles/L at the inlet to 2.20 ± 0.28 particles/L in the effluent. The MP form is dominated by the fiber form, which is 78.55% and the fragment is 17.86%. MP color is dominated by black by 66.91% and red by 14.92%. The size of the MP is dominated by the size of 101 μm – 350 μm by 37.51% and 1 μm – 100 μm by 30,51%. The types of polymers found in the samples were bakelite, cellophane, polyethylene (PE), polyvinylidene fluoride (PVDF), polyamide (PA), polystyrene (PS), polypropylenesulfide (PPS), polycarbonate (PC), polyethyleneterephthalate (PET), and polyacrylate. The abundance of MP fluctuated in the aeration tank to the settling tank I. The IPL units that could reduce MP were equalization tank (10%-16%), settling tank 1 (29%), settling tank 2A (8%-13%), settling tank 2B (9%-15%), settling tank 3 (27%-30%), total settling tank (59% - 62%), and outlet tank (25%-29%). Total MP allowance for Randegan Landfill is 75%-76%.

Keyword: abundance, characteristics, leachate, microplastic, Randegan Landfill

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir tepat waktu.

Tugas akhir ini berjudul “Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto”. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berterima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Susi Agustina Wilujeng, ST., MT., dan Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., M.Phil., Ph.D. selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Welly Herumurti ST., M.Sc. dan Bapak Prof. Dr. Ir.Sarwoko Mangkoedihardjo MscES, selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Walikota Mojokerto dan Ketua DLH Kota Mojokerto atas izin penelitian yang diberikan.
5. Pimpinan dan staf TPA Randegan, Kota Mojokerto atas izin dan bantuan yang diberikan.
6. DRPM ITS atas hibah penelitian bidang keilmuan tahun 2022
7. Ibu Arlini Dyah Radityaningrum, ST. M.Eng.Sc., yang telah membantu mengarahkan penelitian.
8. Seluruh dosen Program Sarjana Teknik Lingkungan ITS, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama penulis menjalani perkuliahan.
9. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang memberikan dukungan baik secara moril maupun materi sehingga penyusunan tugas akhir dapat berjalan lancar.
10. Teman-teman Envisible yang berjuang bersama menjalani tugas akhir.
11. Seluruh pihak lainnya yang telah ikut mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis perlu menyampaikan bahwa penelitian tugas akhir ini mengalami berbagai kendala teknis akibat terjadinya pandemi covid-19. Sehubungan dengan hal tersebut telah dilakukan penyesuaian dan pembatasan lingkup penelitian, tanpa mengurangi kedalaman penelitian. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya kepada penulis sendiri, serta pihak lain yang membutuhkan umumnya. Penyusunan tugas akhir ini sudah dilakukan dengan semaksimal mungkin, namun tentu masih terdapat kekurangan oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan.

Surabaya, 26 Juni 2022

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Manfaat	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Tugas Akhir	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Definisi MP	3
2.2 Sumber MP	3
2.3 Bentuk dan Jenis MP	3
2.4 Warna MP	6
2.5 Dampak MP	6
2.6 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)	7
2.7 Lindi	9
2.8 Instalasi Pengolahan Lindi	9
2.9 Gambaran Wilayah Studi	9
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Kerangka Penelitian	15
3.2 Pengumpulan Data	16
3.2.1 Pengambilan Sampel Data	16
3.2.2 Metode Pengambilan Sampel	17
3.3 Alat dan Bahan	17
3.4 Pengujian Sampel	18
3.4.1 Ekstraksi MP pada Sampel Air Lindi	18
3.4.2 Pengujian Sampel	18
3.4.3 Analisis FTIR	18
3.5 Analisis Data	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Waktu Sampling dan Kondisi Lingkungan di Titik Sampling.....	21
4.2 Karakteristik dan Kelimpahan MP.....	21
4.2.1 Karakteristik MP Berdasarkan Bentuk.....	22
4.2.2 Karakteristik MP Berdasarkan Ukuran	23
4.2.3 Karakteristik MP Berdasarkan Warna.....	24
4.2.4 Karakteristik MP Berdasarkan Jenis Polimer	25
4.3 Efisiensi Penyisihan MP di Setiap Unit IPL	26
4.3.1 Kelimpahan MP pada Bak Ekualisasi	27
4.3.2 Kelimpahan MP pada Bak Aerasi	29
4.3.3 Kelimpahan MP pada Bak Sedimentasi	32
4.3.4 Kelimpahan MP pada Bak Outlet.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN 1. CONTOH PERHITUNGAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK.....	44
LAMPIRAN 2. DOKUMENTASI PROSEDUR PENELITIAN	45
LAMPIRAN 3. HASIL FTIR.....	55
LAMPIRAN 4. ALAT UJI PENELITIAN.	79
BIOGRAFI PENULIS	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk MP pada Mikroskop dengan Perbesaran 10x	5
Gambar 2. 2 Metode <i>Open Dumping</i>	7
Gambar 2. 3 Metode <i>Controlled Landfill</i>	8
Gambar 2. 4 Metode <i>Sanitary Landfill</i>	8
Gambar 2. 5 Denah TPA Randegan, Kota Mojokerto (tanpa skala)	10
Gambar 2. 6 Denah IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto (tanpa skala)	11
Gambar 2. 7 Kondisi Eksisting IPL	11
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	16
Gambar 3. 2 Titik Sampling IPL (tanpa skala)	17
Gambar 4. 1 Bentuk MP. (a) fragmen, (b) <i>fiber</i> , (c) <i>film</i>	22
Gambar 4. 2 Warna MP. (a) biru, (b) merah, (c) hitam, (d) hijau	24
Gambar 4. 3 Kelimpahan MP berdasarkan ukuran setiap unit IPL	27
Gambar 4. 4 Efisiensi penyisihan MP total pada bak ekualisasi berdasarkan ukuran	28
Gambar 4. 5 Peningkatan jumlah MP pada bak ekualisasi berdasarkan ukuran	28
Gambar 4. 6 Efisiensi penyisihan MP total pada bak aerasi berdasarkan ukuran	31
Gambar 4. 7 Peningkatan jumlah MP pada bak aerasi berdasarkan ukuran	31
Gambar 4. 8 Efisiensi penyisihan dan peningkatan MP total pada bak sedimentasi berdasarkan ukuran.....	34
Gambar 4. 9 Efisiensi penyisihan MP total pada bak outlet berdasarkan ukuran	36
Gambar A. 1 Dokumentasi Sampling pada hari Minggu, 13 Maret 2022	54
Gambar A. 2 Dokumentasi Sampling pada hari Minggu, 20 Maret 2022	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi dan Bentuk MP	4
Tabel 2. 2 Densitas MP	5
Tabel 2. 3 Daftar Penelitian Terdahulu tentang MP pada air lindi	12
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian	17
Tabel 4. 1 Data Kondisi Lingkungan IPL TPA Randegan.....	21
Tabel 4. 2 Karakteristik MP Berdasarkan Bentuk di IPL TPA Randegan	22
Tabel 4. 3 Kelimpahan MP Berdasarkan Ukuran di IPL TPA Randegan	23
Tabel 4. 4 Kelimpahan MP Berdasarkan Warna di IPL TPA Randegan	24
Tabel 4. 5 Jenis Polimer Berdasarkan Unit di IPL TPA Randegan	25
Tabel 4. 6 Kelimpahan MP dan Nilai Kekeruhan Setiap Unit di IPL TPA Randegan	26
Tabel 4. 7 Ukuran MP pada Bak Aerasi dan BP 1 IPL TPA Randegan.....	30
Tabel 4. 8 Efisiensi Removal Tiap Unit IPL.....	36
Tabel A. 1 Ekstraksi Sampel Air Lindi	45
Tabel A. 2 Prosedur Pembuatan FeSO_4	48
Tabel A. 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel.....	50

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan komponen yang tidak mudah terurai secara alami dibandingkan dengan sampah organik dan berpotensi terakumulasi di badan air. Banyaknya sampah plastik di perairan dapat mengancam biota yang ada di dalamnya (Jambeck *et al.*, 2015). Sampah plastik pada lingkungan dapat mengalami proses degradasi sehingga menjadi plastik berukuran mikro atau disebut dengan mikroplastik (MP) (Kilponen, 2016). Penemuan pertama MP tercatat pada tahun 1970-an di pantai New England. MP adalah plastik yang terdekomposisi menjadi bagian-bagian kecil berukuran 0,3-5 mm (Dehaut *et al.*, 2016). Sumber MP berasal dari sampah plastik domestik, industri, perdagangan dan tempat pemrosesan akhir (TPA) yang telah terdegradasi di alam. Proses degradasi plastik menjadi MP diakibatkan plastik mengalami fragmentasi menjadi ukuran-ukuran yang kecil. MP akan terdegradasi di TPA terjadi selama kurang lebih 20 tahun akibat pengaruh temperatur tinggi, radiasi sinar UV dan oksigen pada *landfill* TPA (Kilponen, 2016).

Permasalahan yang sering muncul pada material penutup *landfill* adalah infiltrasi dan perkolasi, yaitu masuknya air pada permukaan tanah melalui celah - celah tanah (Darwis, 2018). Peristiwa tersebut menyebabkan aliran air bercampur dengan lindi dan membawa partikel MP. MP yang memiliki densitas rendah, seperti jenis *film*, fiber, dan fragmen akan lebih mudah terbawa aliran. Lindi diolah di instalasi pengolahan lindi (IPL) sebelum dibuang ke badan air, yaitu sungai. Sungai dengan aliran arus yang lambat dapat meningkatkan akumulatif partikel MP pada bagian sedimen atau dasar sungai (Putri, 2020).

Penelitian MP di TPA di Indonesia sejauh ini masih terbatas pada 2 publikasi (Putri, 2020 dan Hajatul, 2021). Penelitian MP yang sudah banyak dilakukan di Indonesia hanya pada kawasan laut dan sungai. Indonesia memiliki 123 TPA yang mengelola sampah sebesar 175.000 ton/hari setiap harinya (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019). Penelitian MP di Indonesia perlu dilakukan mengingat TPA adalah tempat pemrosesan akhir sampah yang mengandung sampah plastik sebesar 14,95% (Permana dan Hadiningrum, 2010).

Komponen sampah plastik pada sampah Kota Mojokerto adalah 13,22% (Rini *et al.*, 2020). Namun mengenai kandungan MP di TPA Kota Mojokerto belum pernah dilaporkan. Hasil akhir pengolahan lindi di TPA Randegan dialirkan ke anak Sungai Brantas, yang digunakan antara lain untuk sumber air baku air minum. Kandungan MP di badan air yang berasal dari TPA dapat mencemari sungai yang akan bermuara ke laut dan dapat merusak ekosistem di laut. Partikel MP yang masuk ke dalam tubuh ikan akan terbawa ke dalam rantai makanan sehingga dapat masuk ke dalam tubuh manusia (Dehaut *et al.*, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kelimpahan dan karakteristik (ukuran, bentuk, jenis polimer dan warna) MP pada air lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto?
2. Bagaimana sebaran MP pada unit-unit pengolahan dan efluen, serta efisiensi penyisihannya?

1.3 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah:

1. Data tersebut dapat menjadi acuan dalam pengolahan lindi di TPA Randegan.
2. Menyediakan data dan informasi ilmiah tentang kelimpahan dan karakteristik (ukuran, bentuk, jenis dan warna) MP yang terdapat di IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto.

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah yang ada, yang menjadi tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan kelimpahan dan karakteristik (ukuran, bentuk, jenis polimer, dan warna) MP pada air lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto.
2. Menentukan sebaran MP pada unit-unit pengolahan dan efluen, serta besar efisiensi penyisihannya.

1.5 Ruang Lingkup Tugas Akhir

Berdasarkan pembahasan di atas, maka yang menjadi ruang lingkup tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian dilaksanakan pada Bulan Februari 2022 hingga Juni 2022.
2. Penelitian ini berfokus pada kelimpahan, warna, bentuk, jenis polimer dan ukuran MP.
3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Limbah Padat dan B3 Departemen Teknik Lingkungan ITS, Kampus Sukolilo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi MP

MP umumnya didefinisikan sebagai plastik berukuran kurang dari 5 mm dan berada di lingkungan air laut dan air tawar. Selain itu, suatu partikel dapat dikatakan MP jika partikel tersebut berbahan plastik dan hanya dapat diamati melalui mikroskop, mengingat ukurannya yang sangat kecil (GESAMP, 2015). Batas bawah ukuran partikel yang termasuk dalam kelompok MP belum didefinisikan secara pasti namun kebanyakan penelitian mengambil objek partikel dengan ukuran minimal 300 μm^3 (Storck *et al.*, 2015). Fragmen dari plastik yang terdegradasi sering disebut dengan MP, yang memiliki ukuran partikel kurang dari 5 mm. MP dapat terakumulasi dalam jumlah yang tinggi pada air dan sedimen (Hildago-Ruz *et al.*, 2012).

Ukuran MP yang sangat kecil dan jumlahnya yang banyak di sungai membuat sifatnya *ubiquitous* dan *bioavailability* bagi organisme akuatik. Akibatnya MP dapat termakan oleh biota air (Lusher *et al.*, 2015). Karena MP mengandung bahan kimia beracun dari berbagai proses seperti produksi dan penyerapan di lingkungan air, organisme air dan mamalia terpapar bahan kimia ini melalui konsumsi MP. Transisi bahan kimia beracun berasal dari MP ke dalam organisme menyebabkan bahaya kimia, yang akhirnya bahan kimia beracun tersebut yang berasal dari MP dapat mencapai manusia melalui jaringan makanan (Rochman *et al.*, 2015).

2.2 Sumber MP

Daratan dan laut merupakan sumber dari sampah berbahaya ini, dalam cakupan jarak yang luas membentang jauh dari pantai ke laut lepas kemudian turun hingga ke dasar laut (Law, 2017). Sumber MP berasal dari limbah domestik, industri, perdagangan dan TPA yang terdegradasi di alam. Degradasi plastik menjadi MP diakibatkan plastik mengalami fragmentasi menjadi ukuran yang kecil. Proses degradasi plastik menjadi MP di TPA terjadi kurang lebih 20 tahun akibat pengaruh dari temperatur tinggi, radiasi sinar UV, dan oksigen pada *landfill* TPA (Kilponen, 2016).

Sumber lain MP adalah dari aktivitas rumah tangga, wisata, aktivitas nelayan, perdagangan, industri, transportasi dan TPA sampah. Sampah yang terbawa oleh air lindi dari TPA merupakan salah satu sumber yang dapat menghasilkan MP (Kilponen, 2016). He *et al.* (2019), menyatakan sebelum dan sesudah pengolahan lindi dari empat TPA sampah baik yang aktif atau yang sudah ditutup di Cina mengandung MP. Sampel air lindi ini diidentifikasi mengandung tujuh belas jenis plastik yang berbeda dengan konsentrasi hingga 24,58 partikel/L.

Air lindi jika dibuang langsung ke sungai, akan bermuara di laut dan mengakibatkan pencemaran pada air sungai dan air laut. MP berpotensi masuk ke sistem pencernaan organisme di sungai dan laut, sehingga MP dapat masuk ke tubuh manusia jika manusia memakan organisme yang sudah terkontaminasi MP (Dehaut *et al.*, 2016). Menurut Tongkukut *et al.* (2019), air lindi yang dihasilkan di TPA dan tanah *landfill* merupakan salah satu sumber yang dapat menghasilkan MP.

2.3 Bentuk dan Jenis MP

Timbulan MP secara luas digolongkan menurut karakter morfologi yaitu ukuran, bentuk, dan warna. Ukuran menjadi faktor penting yang berkaitan dengan jangkauan efek yang terkena pada organisme. Luas permukaan yang besar dibandingkan rasio volume dari sebuah partikel kecil membuat MP berpotensi melepas bahan kimia dengan cepat (Velzeboer *et al.*, 2014). MP berdasarkan bentuknya disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi dan Bentuk MP

Klasifikasi Bentuk	Istilah Lain yang digunakan
Fragmen	Partikel tidak beraturan, kristal, bulu, bubuk, granula, potongan, serpihan
Fiber	Filamen, <i>microfiber</i> , helaian, benang
Manik-manik	Biji, bulatan manik kecil, bulatan mikro
Busa	Polistirena
Butiran	Butiran <i>resinat, nurdles, nib</i>

Sumber: Hildago et al., 2012

Menurut Kuasa (2018; dalam Rahmadhani, 2019) bentuk-bentuk MP dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Fiber atau serat

Jenis fiber pada dasarnya berasal dari pemukiman penduduk yang berada di daerah pesisir dengan sebagian besar masyarakat yang bekerja sebagai nelayan. Aktivitas nelayan seperti penangkapan ikan dengan menggunakan berbagai alat tangkap, kebanyakan alat tangkap yang dipergunakan nelayan berasal dari tali (jenis fiber) atau karung plastik yang telah mengalami degradasi. MP jenis fiber banyak digunakan dalam pembuatan pakaian, tali temali, berbagai tipe penangkapan seperti pancing dan jaring tangkap.

2. *Film*

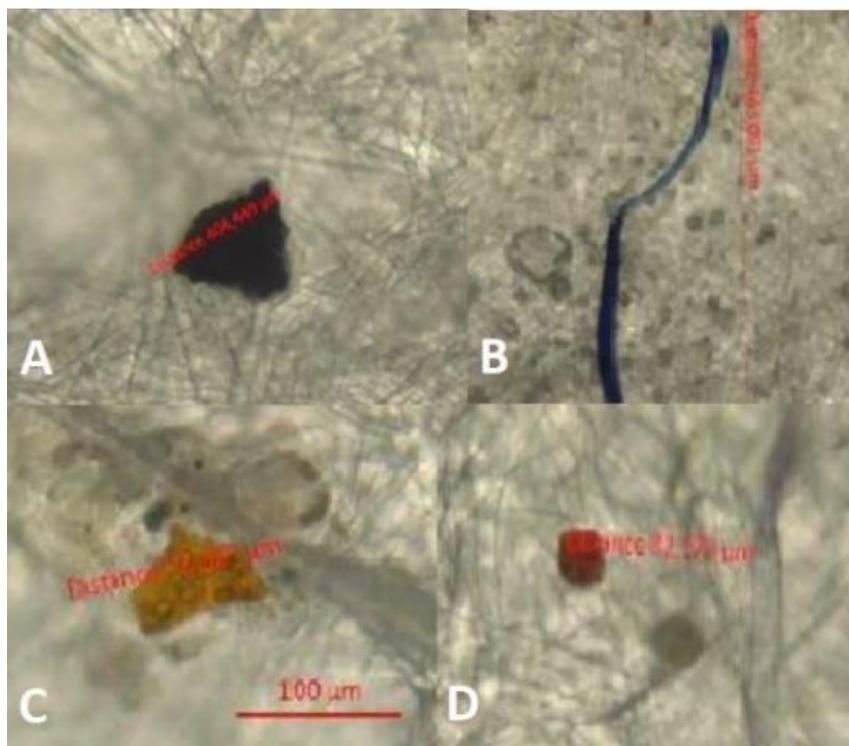
Film merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan yang memiliki densitas rendah. *Film* mempunyai densitas lebih rendah dibandingkan tipe MP lainnya sehingga lebih mudah ditransportasikan hingga pasang tertinggi.

3. Fragmen

Jenis fragmen pada dasarnya berasal dari sampah pertokoan dan warung-warung makanan yang ada di lingkungan sekitar. Hal tersebut antara lain yaitu: kantong-kantong plastik besar maupun kecil, bungkus nasi, kemasan-kemasan makanan siap saji, dan botol-botol minuman plastik. Sampah plastik tersebut terurai menjadi serpihan-serpihan kecil hingga berbentuk fragmen.

4. Granula atau Butiran

Jenis granula atau butiran pada umumnya berasal dari pabrik plastik. Tipe MP tersebut berbentuk butiran - butiran dan berwarna putih maupun kecokelatan, padat (Virsek *et al.*, 2016). Granula merupakan partikel kecil yang digunakan untuk bahan produk industri (Kuasa, 2018). Beberapa contoh gambar MP dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Bentuk MP pada Mikroskop dengan Perbesaran 10x
A. Fragmen, B. Fiber, C. Film, D. Pellets

Sumber: Hiwari Hizman et al., 2012

Banyak penelitian yang telah mendokumentasikan keberadaan MP di laut yang ada di berbagai wilayah pesisir di seluruh dunia, baik di air maupun di sedimennya dengan jumlah dan jenis plastik yang beragam. Beberapa jenis plastik yang banyak ditemukan sebagai polutan di ekosistem laut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Densitas MP

Tipe Plastik	Densitas (g/cm³)
<i>Polyethylene</i>	0,917 – 0,965
<i>Polypropylene</i>	0,9 – 0,91
<i>Polystyrene</i>	1,04 – 1,1
<i>Polyamide</i>	1,02 – 1,05
<i>Polyester</i>	1,24 – 2,3
<i>Acrylic</i>	1,09 – 1,2
<i>Polyoximetylene</i>	1,41 – 1,61
<i>Polyvinyl alcohol</i>	1,19 – 1,31
<i>Polyvinyl chloride</i>	1,16 – 1,58
<i>Poly methylacrylate</i>	1,17 – 1,2

Tipe Plastik	Densitas (g/cm³)
<i>Polyethylene terephthalate</i>	1,37 – 1,45
<i>Alkyd</i>	1,24 – 2,1
<i>Polyurethane</i>	1,2

Sumber: Hildago *et al.*, 2012

2.4 Warna MP

Warna dari tiap jenis MP berasal dari warna asli plastik tersebut sebelum mengalami proses fragmentasi. Akan tetapi warna MP juga dapat ditentukan dari faktor-faktor yang lain. Seperti halnya akibat uji MP menggunakan larutan alkali KOH. Menurut Vandermeersch *et al.* (2015), penggunaan KOH ataupun NaOH akan memberikan efek negatif bagi warna plastik karena plastik dapat mengalami proses perubahan warna (*discoloration*). Selain itu, karena pengaruh KOH, warna MP dapat pula pudar karena terpapar sinar matahari selama proses fragmentasi.

Sebagai contoh proses pudarnya warna dapat dilihat pada sampel MP pada ikan nila hitam, dimana ditemukan MP berwarna hitam kehijauan dan ada yang berwarna putih. Bisa jadi warna awal dari MP tersebut adalah hitam atau warna gelap, akan tetapi seiring dengan adanya proses penguraian ataupun karena penambahan zat kimia selama pengujian warna mengalami perubahan menjadi lebih pucat. Sehingga warna dari MP tersebut dapat digunakan sebagai indeks fotodegradasi dan sebagai penentu berapa lama MP tersebut berada di laut (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Semakin lama plastik tersebut berada di air maka warna akan semakin pudar.

2.5 Dampak MP

Secara kasat mata MP tidak terlihat namun dapat memberi dampak negatif bagi biota maupun lingkungannya (Eriksen *et al.*, 2014). MP dapat memberi dampak kimia, fisik maupun biologi pada organisme yang menelannya secara langsung maupun organisme yang tidak sengaja mengonsumsi mangsa yang terkontaminasi MP (Vandermeersch *et al.*, 2015). Dampak negatif tersebut dapat berupa penyumbatan saluran pencernaan, gangguan pada produksi enzim, pertumbuhan terhambat, menurunkan hormon steroid, kegagalan reproduksi (Wright *et al.*, 2013).

Dampak potensial serapan MP pada kesehatan manusia masuk melalui penyerapan saluran pencernaan. Penyerapan dan translokasi MP bergantung pada banyak faktor, dan partikel yang lebih kecil mentranslokasi lebih efektif. Mudah untuk plastik yang lebih besar (>2 mm) untuk tinggal di saluran usus. Meskipun MP memiliki konsentrasi rendah dapat memasuki sirkulasi darah, sulit untuk masuk ke jaringan dalam melalui membran sel karena keterbatasan ukurannya, dan dibersihkan oleh limpa (Bouwmeester *et al.*, 2015). Ketika ukuran MP berkurang, ia dapat memasuki jaringan perifer dan sistem peredaran darah melalui agregasi limfatik, yang mengarah ke paparan sistemik. Namun, untuk orang dengan penyakit usus, efisiensi translokasi MP akan meningkat secara signifikan karena permeabilitas jaringan yang disebabkan oleh infeksi inflamasi (Schmidt *et al.*, 2013). Absorpsi MP terbatas ($\leq 0,3\%$), yaitu hanya MP dengan ukuran $\leq 20 \mu\text{m}$ yang dapat masuk ke dalam organ, sedangkan fraksi yang lebih kecil ($0,1 > 10 \mu\text{m}$) akan dapat mengakses ke dalam semua organ, membran sel silang, penghalang darah-otak dan plasenta (Barboza *et al.*, 2018).

MP yang sudah banyak tersebar di perairan laut akibat aktivitas manusia menyebabkan dampak negatif pada biota yang ada. Salah satu biota yang terdampak MP adalah zooplankton. MP yang masuk ke zooplankton bisa menyebabkan penurunan fungsi fisiologis, bahkan menyebabkan efek akut maupun kronis. Zooplankton memiliki peran penting dalam ekologi, sehingga sangat besar kemungkinannya terjadi transfer MP melalui rantai makanan (*trophic transfer*) bahkan bisa masuk ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan atau jaring makanan. Penelitian mengenai MP di zooplankton masih sangat sedikit dilakukan di perairan Indonesia, sehingga perlu dilakukan tindak lanjut agar bisa memberikan informasi mengenai pengelolaan sumber daya perairan (Mardiyana dan Kristiningsih, 2020).

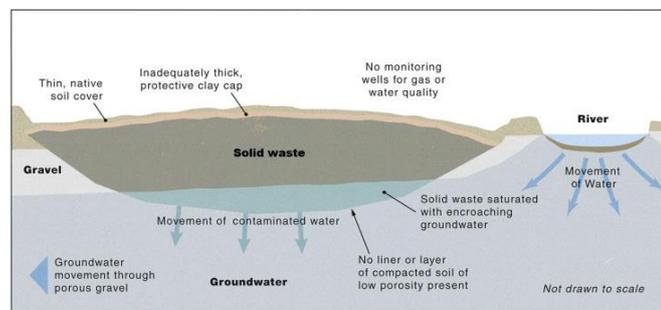
2.6 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Proyeksi TPA adalah tempat dimana sampah mencapai tahap akhir dalam pengelolannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, dan pengolahan. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan penyediaan fasilitas dan perlakuan yang benar agar keamanan tersebut dapat dicapai dengan baik (Bioinfrasda, 2018).

Berdasarkan data SLHI tahun 2007, sebagian besar TPA di Indonesia merupakan tempat penimbunan sampah terbuka (*open dumping*) sehingga menimbulkan masalah pencemaran pada lingkungan. Sekitar 90% TPA dioperasikan dengan *open dumping* dan hanya 9% yang dioperasikan dengan *controlled landfill* dan *sanitary landfill*. Istilah TPA yang dulu merupakan tempat pembuangan akhir, berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 diubah menjadi tempat pemrosesan akhir. TPA didefinisikan sebagai pemrosesan akhir sampah dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.

1. *Open Dumping*

Open dumping merupakan suatu metode penimbunan sampah pada suatu lahan terbuka, penimbunan akhir sampah merupakan tahapan akhir dalam pengelolaan sampah. Terdapat beberapa metode dalam penimbunan sampah, yaitu *open dumping*, *controlled landfill*, *sanitary landfill*. Berikut merupakan metode penimbunan: sehingga cenderung tidak mempertimbangkan kondisi lingkungan, rentan terhadap terjadinya *open burning*, bibit penyakit, dan pemulung. Pada metode *open dumping* pada (Gambar 2.2) rawan terjadi kebakaran dikarenakan pelepasan gas metana yang tidak terkendali dari hasil samping sampah yang dibiarkan begitu saja (SNI 19-2454-2002).

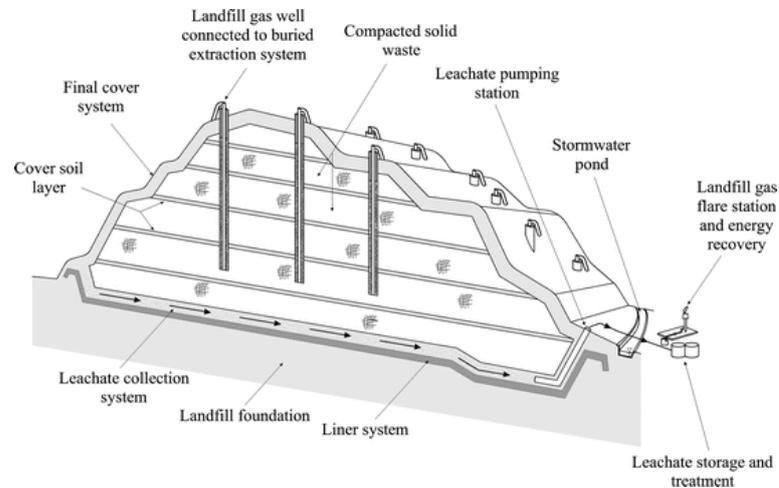


Gambar 2.2 Metode *Open Dumping*

Sumber: Iyyanki, 2017

2. *Controlled Landfill*

Controlled landfill merupakan sistem *open dumping* yang diperbaiki, serta merupakan metode peralihan antara *open dumping* ke *sanitary landfill*. Metode *controlled landfill* (Gambar 2.3) menggunakan penutupan sampah dengan lapisan tanah yang dilakukan setelah TPA penuh dan dipadatkan setelah mencapai periode tertentu (SNI 19-2454-2002).

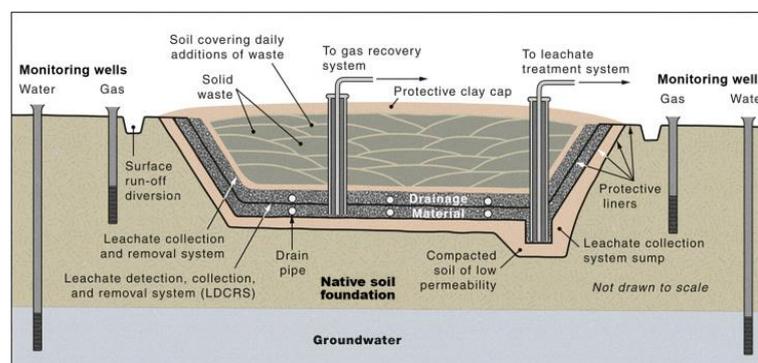


Gambar 2.3 Metode *Controlled Landfill*

Sumber: *Towsend, 2015*

3. *Sanitary Landfill*

Sanitary landfill merupakan penimbunan sampah padat dengan adanya perlakuan terhadap sampah sehingga keamanan lingkungan terjaga. Pada metode ini sampah dihamparkan hingga mencapai ketebalan tertentu, lalu dipadatkan dan kemudian dilapisi dengan tanah serta dipadatkan kembali. Proses ini diulang hingga membentuk lapisan-lapisan sampah dan tanah. Pada bagian dasar dari konstruksi *sanitary landfill* pada (Gambar 2.4) dibangun suatu lapisan kedap air yang dilengkapi dengan pipa-pipa pengumpul dan penyalur air lindi (*leachate*) serta pipa penyalur gas yang terbentuk dari hasil penguraian sampah-sampah organik yang ditimbun (SNI 19-2454-2002).



Gambar 2.4 Metode *Sanitary Landfill*

Sumber: *Iyyanki, 2017.*

2.7 Lindi

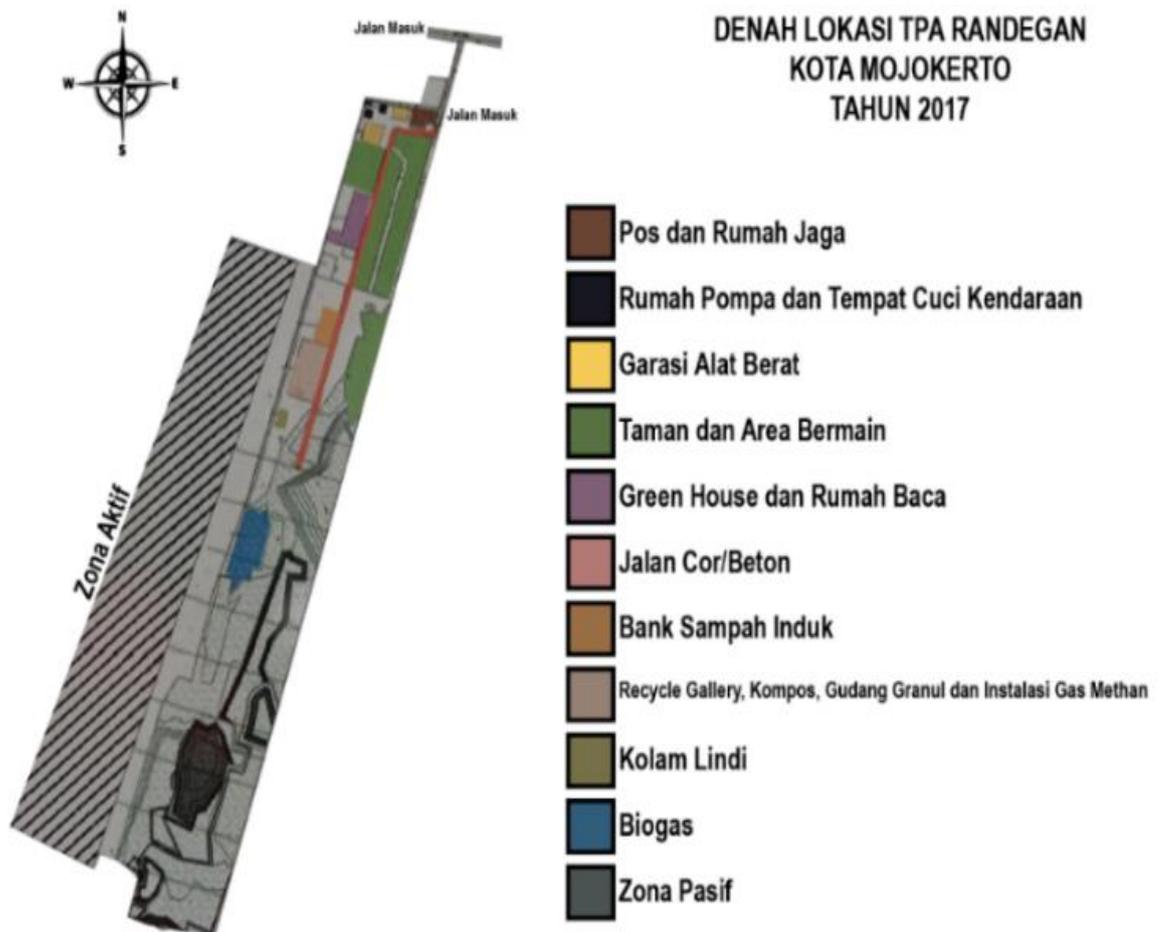
Lindi terbentuk dari kandungan air yang terdapat sampah maupun dari cairan (air) yang masuk (perkolasi) ke dalam timbunan sampah, cairan tersebut dapat melarutkan berbagai senyawa yang terkandung dalam sampah. Lindi berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Umumnya, lindi terdiri dari bahan organik (*biodegradable*, tetapi juga tahan terhadap biodegradasi), seperti amonia-nitrogen, logam berat, garam anorganik dan diklorinasi organik, yang merupakan ancaman besar bagi tanah disekitarnya, air tanah dan bahkan badan air (Renou *et al.*, 2008). Pada tahap awal pengoperasian TPA, lindi akan mengandung sejumlah padatan terlarut, BOD, COD, nitrogen, dan logam berat. Pada saat diresirkulasi, komponen tersebut akan bertahan dan terproses oleh mikroorganisme, komponen tersebut akan tertahan dan terproses oleh mikroorganisme biologis dan berbagai proses kimia maupun fisika (Prinanda *et al.*, 2017).

2.8 Instalasi Pengolahan Lindi

IPL adalah instalasi yang memproses limbah lindi agar bila dibuang ke sungai tidak mencemari lingkungan (Sari dan Lucyana, 2021). Pengolahan lindi pada umumnya dilakukan dengan tiga jenis pengolahan yaitu secara fisik, kimia, dan biologi. Beberapa contoh pengolahan lindi diantaranya dilakukan dengan penambahan tawas, kolam koagulasi-flokulasi, biofilter anaerobik, dan wetland (Haz, 2018). Unit – unit yang umumnya digunakan pada IPL di Indonesia adalah bak ekualisasi, kolam anaerobik, kolam fakultatif, kolam maturasi, *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR), kolam aerasi, koagulasi – flokulasi, dan sedimentasi.

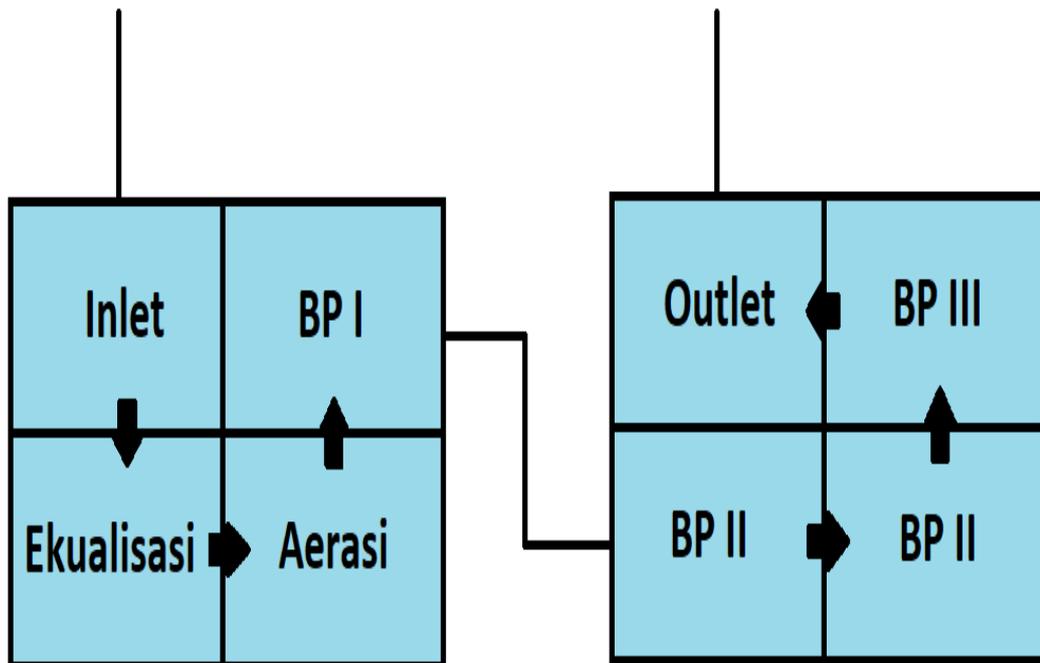
2.9 Gambaran Wilayah Studi

TPA Randegan berada di Kota Mojokerto dengan melayani sampah Kota Mojokerto yang memiliki 2 kecamatan. Memiliki luas area 6,6 Ha yang akan dipergunakan untuk melayani sampah dari Kota Mojokerto selama 10 tahun. Perencanaan zona penimbunan sampah memiliki 5 zona yang mempunyai luas 1,16 Ha untuk tiap zona dan direncanakan dengan *sanitary landfill*. Data laju timbulan sampah warga Kota Mojokerto dianggap tetap yakni 0,315 kg/orang.hari dan digunakan sampai 10 tahun. Kebutuhan semua zona total seluas 5,8 Ha. TPA ini menggunakan lapisan dasar tanah lempung yang dipadatkan dan lapisan geomembran serta batuan pecah. Proses pengolahan lindi menggunakan proses waktu tinggal dan memiliki debit sebesar 1,7 L/detik. Biogas diambil terbesar dengan volume 8.806.670,3 m³/tahun. Nilai rata-rata timbulan sampah TPA Randegan sebesar 167,9 m³/hari. Komposisi jenis sampah plastik yang masuk adalah 13,22%. Dengan jenis plastik tertinggi adalah jenis plastik PP (*polypropylene*) sebesar 2.822,9 g/hari dan karet sebesar 544,8 g/hari. Nilai kalor sampah jenis plastik tertinggi di TPA Randegan adalah PETE (*Polyethylene terephthalate*) sebesar 4.202,3 kkal/kg dan sampah karet sebesar 3.733,0 kkal/kg (Dinas PU Mojokerto, 2017). Denah TPA Randegan, Kota Mojokerto dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Denah TPA Randegan, Kota Mojokerto (tanpa skala)

Pada TPA Randegan terdapat 8 unit pada IPL. Bak pertama adalah bak inlet, bak inlet yang berjumlah 1 unit, adalah bak pertama yang menampung air lindi dari TPA. Bak kedua adalah bak ekualisasi, bak ekualisasi yang berjumlah 1 unit, adalah bak penampungan yang berfungsi untuk meminimalkan dan mengendalikan fluktuasi aliran lindi baik kuantitas maupun kualitas yang berbeda dan menghomogenkan konsentrasi lindi (Mubin *et al.*, 2015). Bak ketiga adalah bak aerasi, bak aerasi yang berjumlah 1 unit, proses yang terjadi pada bak aerasi adalah penambahan udara ke dalam air melalui kontak dekat yang terjadi pada air dan udara. Bak keempat adalah bak sedimentasi, bak sedimentasi berjumlah 4 unit, berperan dalam memisahkan partikel tersuspensi (TSS) dari air lindi melalui pengendapan secara gravitasi. Air lindi mengandung suspended solid masuk ke bak sedimentasi, padatan-padatan dengan berat jenis yang lebih besar dari air akan mengendap dan yang memiliki berat jenis lebih kecil dari air akan mengapung ke permukaan air (Kurniawan, 2014), Terdapat 4 bak sedimentasi pada IPL. Bak terakhir adalah bak outlet, bak outlet berjumlah 1 unit, adalah bak terakhir menampung air sebelum dikeluarkan sebagai efluen atau badan air. Denah IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto dapat dilihat pada Gambar 2.6, untuk kondisi eksisting IPL dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 6 Denah IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto (tanpa skala)



**Gambar 2. 7 Kondisi Eksisting IPL:
A. Lokasi 1 dan B. Lokasi 2**

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan dan terkait dengan penelitian saat ini. Daftar penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Daftar Penelitian Terdahulu tentang MP pada air lindi

No	Penulis, Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Hajatul, 2021	Analisis Kandungan MP di TPA Sampah Air Dingin, Padang	Hasil analisis kelimpahan rata-rata MP pada sampel air lindi yaitu 1,7 partikel/L, sedimen pengolahan lindi yaitu 46,2 partikel/kg, tanah <i>landfill</i> yaitu 52,8 partikel/kg dan sedimen di anak sungai sebesar 19,9 partikel/kg. Bentuk, ukuran dan warna MP yang paling banyak ditemukan dari semua sampel adalah bentuk fragmen, ukuran 1-5 mm dan warna putih. Keberadaan MP di TPA dipengaruhi oleh usia degradasi sampah plastik di TPA. Kelimpahan MP paling tinggi terdapat pada zona D yang termasuk usia menengah dibandingkan zona A yang termasuk usia tua di TPA Air Dingin. Kolam pengolahan lindi tidak mampu secara signifikan dalam menyisihkan MP diakibat adanya kerusakan kolam pengolahan lindi.
2	Putri, 2020	Analisis Jenis MP dalam Material Hasil <i>Landfill Mining</i> dan Sedimen Sungai	Berdasarkan penelitian jurnal, MP berdasarkan bentuk yang dominan ditemukan dalam sampel hasil <i>landfill mining</i> adalah fiber, granula dan fragmen, sedangkan berdasarkan polimernya adalah PET dan PP. Jenis MP berdasarkan bentuk yang ditemukan dalam sampel sedimen sungai fiber, <i>film</i> , fragmen, <i>foam</i> , dan <i>net</i> , sedangkan berdasarkan polimernya adalah PET. PP. PS. PE, dan <i>other</i> . MP yang ditemukan pada kedua sampel berbeda bentuk, polimer, dan ukuran karena dipengaruhi oleh sumber kontaminan pada titik pengambilan sampel, jumlah penduduk, dan perilaku konsumtif masyarakat.
3	He <i>et al.</i> , 2019	<i>Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of MP? -Evidence of microplastics in landfill leachate</i>	Secara total, 17 jenis plastik berbeda diidentifikasi dalam sampel lindi dengan konsentrasi terhitung mulai dari 0,42 hingga 24,58 butir/L. <i>Polyethylene</i> dan <i>polypropylene</i> adalah jenis polimer yang dominan. 99,36% MP adalah berasal dari fragmentasi sampah plastik yang tertimbun di tempat pembuangan

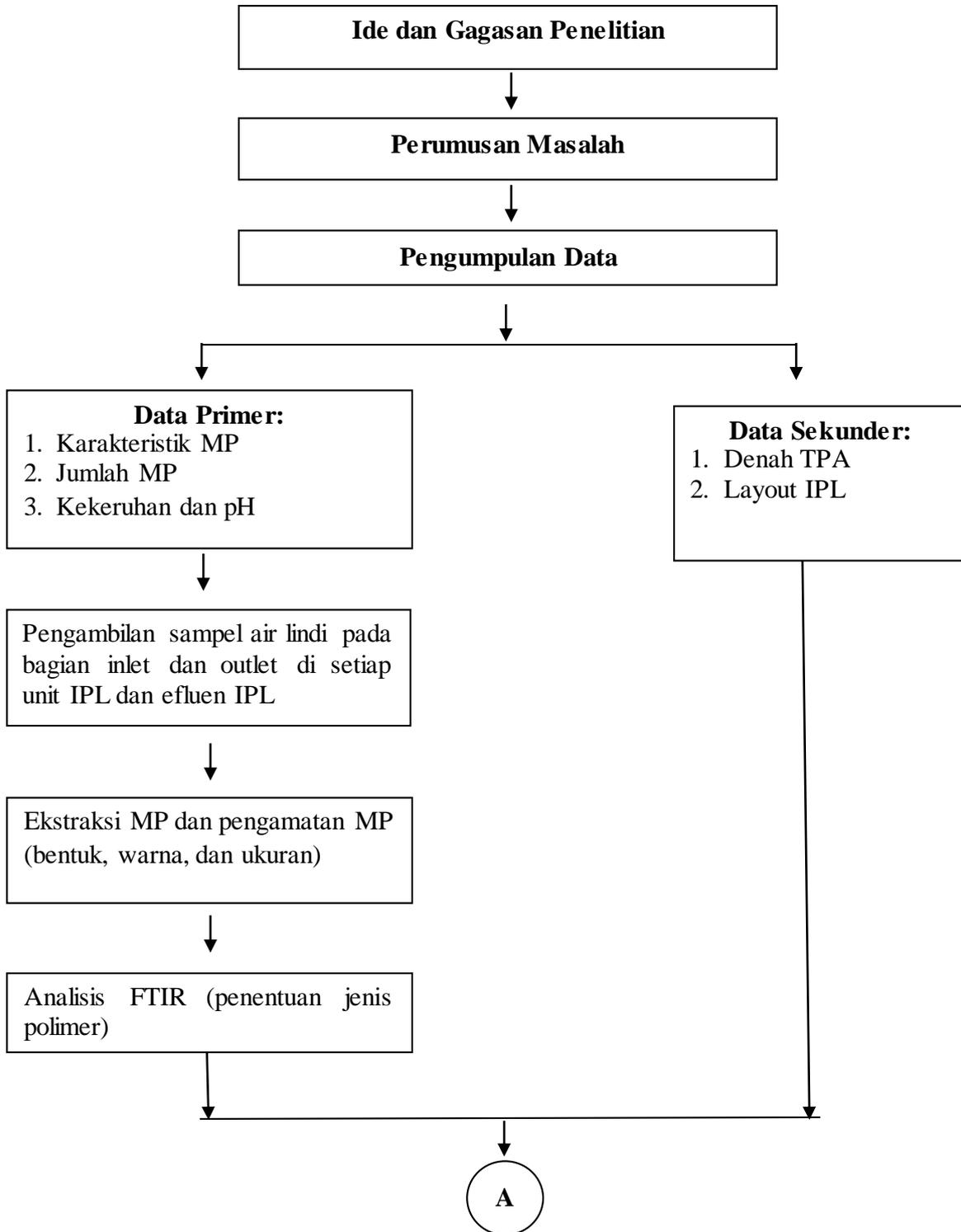
No	Penulis, Tahun	Judul	Hasil Penelitian
			<p>akhir. Ukuran MP 77,48% adalah antara 100 dan 1000 mm. Studi menunjukkan bahwa generasi, akumulasi dan pelepasan MP di tempat pembuangan sampah adalah proses jangka panjang. Hasil penelitian memberikan bukti awal dan memvalidasi bahwa TPA bukanlah tempat pembuangan akhir plastik tetapi sumber potensial MP.</p>
4	Zhang <i>et al.</i> , 2021	<p><i>Distribution and removal characteristics of MP in different processes of the leachate treatment system</i></p>	<p>Efisiensi penyisihan dan karakteristik MP dalam sistem pengolahan lindi tidak jelas. Dalam studi ini, variasi konsentrasi dan kinerja penyisihan MP dalam sistem pengolahan lindi dengan proses <i>pretreatment + biotreatment</i> + perawatan lanjutan diselidiki. Hasilnya menunjukkan bahwa 58,33% MP disisihkan selama proses pengolahan lindi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar MP (106 partikel/hari) dibuang bersama efluen (3200 t/hari), dan sebagian besar MP yang disisihkan dari lindi yang terakumulasi dalam lumpur yang akan menyebabkan potensi risiko terhadap lingkungan.</p>

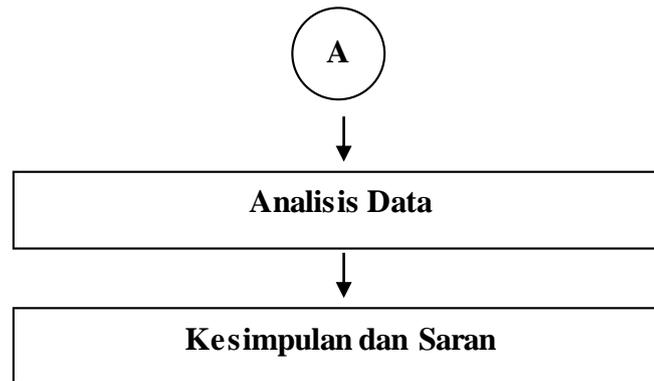
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penyusunan metode penelitian berguna sebagai pedoman dalam melakukan studi mulai dari awal hingga akhir penelitian. Penelitian dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian diambil dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung di lapangan dengan pengambilan sampel dan pengujian sampel, sedangkan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari penelitian sebelumnya dan instansi yang terkait, untuk mendukung penelitian. Pengumpulan data dibutuhkan guna mendapat data-data pendukung yang relevan dan realistis agar penelitian dapat dilakukan dengan benar dan sesuai dengan kondisi lapangan. Data–data yang dibutuhkan antara lain:

a. Data primer

Data primer merupakan data yang didapat secara langsung melalui observasi lapangan. Berikut data primer yang dibutuhkan untuk penelitian ini:

1. Karakteristik, dan jumlah MP

Karakteristik dan jumlah MP didapatkan dari hasil sampling air lindi TPA Randegan dan pengujian laboratorium terhadap sampel air lindi.

2. Kekerusuhan dan pH

Kekerusuhan dan pH didapatkan dari uji sampel pada air lindi TPA Randegan dan pengujian laboratorium terhadap sampel lindi.

b. Data sekunder

1. Layout IPL

Layout IPL didapatkan dari TPA Randegan, Kota Mojokerto. Layout digunakan untuk melihat kondisi dan tata letak bangunan unit pengolahan air lindi serta mengetahui titik sampling yang sesuai.

2. Kondisi eksisting IPL

Kondisi eksisting unit pengolahan lindi didapatkan dari survei terhadap IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto. Survei ini dilakukan untuk memastikan jumlah dan jenis unit pengolahan lindi yang digunakan di TPA Randegan.

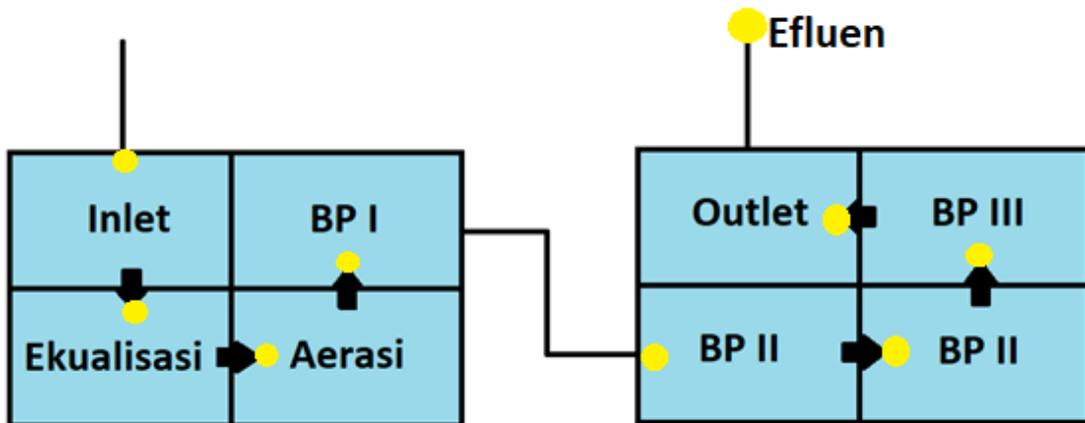
3.2.1 Pengambilan Sampel Data

Sampling dilakukan secara *grab* pada kedalaman yang tersusun dari posisi sampling berdasarkan letak influen dan efluen tiap kolam. Titik posisi kedalaman menggunakan standar minimal diambil pada kedalaman <15 cm hingga 25 cm dimana pada umumnya 95% terkandung MP (NOAA, 2018).

Volume air lindi yang diambil adalah 5 L. Waktu sampling dilakukan antara Bulan Maret – Mei 2022. Pengulangan dilakukan sebanyak 2 kali. Total sampel pada 2 titik lokasi adalah 8 sampel, dengan rincian setiap titik dilakukan sampling pada bagian influen dan efluen kolam dan 1 sampel pada efluen IPL. Sehingga total sampel yang didapat adalah 9 sampel, dilakukan dua kali pengulangan sehingga jumlah sampel menjadi 18.

3.2.2 Metode Pengambilan Sampel

Sampling MP pada air lindi pada 9 titik sebagaimana terlihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Titik Sampling IPL (tanpa skala)

Pengambilan sampel langsung menggunakan alat sampler tanpa menggunakan alat bantuan lain. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Kedalaman lokasi sampling diukur dengan menggunakan meteran.
2. Alat sampler ditenggelamkan dengan posisi mulut alat sampler berlawanan arah dengan arus air.
3. Alat sampler diangkat, lalu dibilas dari luar kolam dengan akuades menggunakan semprotan.
4. Semua sampel diberi label untuk kemudian dianalisis di laboratorium.
5. Pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali.

3.3 Alat dan Bahan

Sampling dilakukan dalam dua waktu (13 dan 20 Maret 2022 pukul 09.00 – 11.30) dan ditempatkan dalam dua botol kaca bervolume 2,5 L sebanyak 2 buah sehingga jumlah total sampel air lindi adalah 5 L. Pengambilan sampel untuk air menggunakan alat sampler. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat Dan Bahan	Kegunaan
1	Alat sampler	Digunakan untuk mengambil sampel air lindi
2	Pompa vakum	Digunakan untuk memfilter sampel
3	Membran filter <i>polytetraflouroethylene</i> (PTFE)	Digunakan untuk memisahkan partikel suspensi dari cairan, untuk memisahkan antara zat terlarut dari zat padat
4	Labu ukur	Wadah dalam pengenceran larutan
5	Gelas ukur	Pengukuran volume larutan
6	Pipa volumetrik dan propipet	Mengambil volume larutan dengan volume tertentu
7	Cawan petri	Wadah membran filter
8	Akuades	Untuk pembilas botol sampel, pelarut Fe(II)SO ₄

No	Alat Dan Bahan	Kegunaan
9	Hidrogen peroksida (H ₂ O ₂) 30% & Fe(II)SO ₄	Untuk menghilangkan kandungan organik yang terdapat pada sampel padatan tersaring, sebagai bahan untuk mengekstraksi organik
10	Alumunium foil	Untuk menutup sampel
11	Neraca analitik	Untuk menimbang bahan
12	<i>Dissecting microscope</i>	Untuk pengamatan

3.4 Pengujian Sampel

Pengujian sampel yang dilakukan adalah 3 tahapan yaitu dengan ekstraksi MP, metode mikroskop, dan FTIR.

3.4.1 Ekstraksi MP pada Sampel Air Lindi

Metode ekstraksi dan pemisahan MP pada sampel air lindi dilakukan dengan urutan prosedur *wet peroxide oxidation* (WPO).

1. Prosedur *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dilakukan dengan cara menambahkan larutan Fe (II) 0,05 M ke dalam 1 liter air lindi sebanyak 20 mL. Kemudian menambahkan hidrogen peroksida (H₂O₂) 30% sebanyak 20 mL dan memanaskan dengan *hot magnetic stirrer* hingga 75°C selama 30 menit yang bertujuan untuk menghilangkan zat organik dari sampel air (Masura *et al.*, 2015). Metode pembuatan larutan Fe (II) 0,05 M terdapat pada Lampiran 2.
2. Selanjutnya sampel pasca-perlakuan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) didiamkan dalam ruangan asam selama 15-30 menit agar endapan FeSO₄.7H₂O yang terbentuk dapat mengendap sehingga tidak mengganggu proses filtrasi.
3. Kemudian sampel disaring menggunakan pompa vakum yang dilengkapi oleh membran *polytetraflouroethylene* (PTFE) dengan ukuran pori 0,2 µm dan diameter 47 mm. Sebelum membran PTFE digunakan, diberi etanol terlebih dahulu menggunakan pipet tetes yang bertujuan agar pori dari kertas filter terbuka.
4. Membran filter didiamkan di dalam cawan petri selama 1-2 hari yang bertujuan untuk mengeringkan membran filter agar mudah diamati dengan mikroskop.

3.4.2 Pengujian Sampel

Pengamatan mikroskopis bertujuan untuk memisahkan partikel MP berdasarkan warna, bentuk, dan ukurannya. Prosedurnya adalah sebagai berikut (Masura *et al.*, 2015):

1. Menyiapkan sampel yang telah diekstraksi pada membran filter.
2. Melakukan pengamatan ukuran, warna, dan bentuk MP menggunakan *dissecting microscope* (1-1200X *digital microscope* HD 7 inch LCD Screen 12 MP dan *Dino Capture 2.0*) dengan pembesaran 40x – 60x (Lampiran 4).
3. Memindahkan partikel MP dari membran filter menuju cawan petri dan meletakkan sesuai pada ukurannya dengan menggunakan pinset.
4. Memindahkan MP ke dalam kertas kue setelah selesai pengamatan.

3.4.3 Analisis FTIR

Spektroskop FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskop. Spektroskop inframerah dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam, 2007). Spektroskop inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Chusnul, 2011).

Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Ketika cahaya melewati sampel, terjadi transmisi cahaya sehingga muncul spektrum inframerah. Kemudian terjadi pengukuran cahaya oleh detektor, dan cahaya yang masuk dibandingkan dengan intensitas cahaya tanpa adanya sampel untuk mengukur panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diterima lalu diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Anam, 2007). Komposisi dari hasil MP dianalisis menggunakan *Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™ 10 FTIR Spectrometer* (Lampiran 4). FTIR ini memiliki ketelitian mencapai ukuran $10 \mu\text{m}$. Tujuan analisis FTIR disini adalah untuk mendapatkan hasil komposisi jenis polimer plastik.

3.5 Analisis Data

Data dari semua hasil pengamatan dikumpulkan dan dianalisis. Metode yang digunakan untuk analisis data adalah statistika deskriptif. Dari hasil analisis nantinya dilakukan tahap selanjutnya yaitu analisis distribusi, dengan cara melihat analisis deskriptif dari hasil analisis data dan dijabarkan. Analisis tersebut yaitu:

1. Klasifikasi ini ditentukan berdasarkan bentuk dari fiber, *film*, *pellet*, dan fragmen. Analisis diadopsi dari metode NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*). Hasil signifikansi diperjelas dengan tampak visual dari *microscope exam*. Hal ini untuk memudahkan dalam analisis data. Untuk kuantifikasi, perhitungan kelimpahan MP pada air adalah jumlah partikel per sampel / volume sampel. Jumlah partikel x didapatkan dari perhitungan dan sortasi manual. Klasifikasi ini ditentukan berdasarkan bentuk dari fiber, *film*, *pellet*, dan fragmen.
2. Data karakteristik MP di IPL TPA Randegan. Karakteristik dibedakan menjadi warna, ukuran dan bentuk, sehingga data karakteristik didapatkan dari sortasi manual dan dikelompokkan berdasarkan sesuai dengan warna, ukuran dan bentuk yang sama.
3. Perhitungan efisiensi removal pada tiap unit digunakan data jumlah MP pada influen dan efluen (jumlah MP pada unit setelahnya). Perhitungan efisiensi removal MP dari tiap unit adalah $(\text{jumlah MP pada sampel influen} - \text{jumlah MP pada sampel efluen}) / \text{jumlah MP pada sampel influen} \times 100\%$. Kelimpahan MP pada titik *inlet* dan *outlet* setiap unit dihitung efisiensi penyisihan MP dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi bak} = \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Waktu Sampling dan Kondisi Lingkungan di Titik Sampling

Sampling dilakukan selama dua hari pada setiap unit operasi IPL pada Bulan Maret 2022 yaitu pada tanggal 13 Maret 2022 dan 20 Maret 2022. Parameter kualitas lindi yang diukur adalah pH dan kekeruhan. Kondisi lingkungan lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Kondisi Lingkungan IPL TPA Randegan

Titik Sampling	Hari, Tanggal	Pukul	pH	Kekeruhan (NTU)
Bak inlet	Minggu, 13 Maret 2022	09.11	7,19	35,1
	Minggu, 20 Maret 2022	10.25	6,95	67,3
Bak ekualisasi	Minggu, 13 Maret 2022	09.21	6,95	29,6
	Minggu, 20 Maret 2022	10.35	7,02	55,8
Bak aerasi	Minggu, 13 Maret 2022	09.31	6,81	27,6
	Minggu, 20 Maret 2022	10.45	7,08	52,5
BP 1	Minggu, 13 Maret 2022	09.41	6,52	25,1
	Minggu, 20 Maret 2022	10.55	7,00	20,2
BP 2A	Minggu, 13 Maret 2022	09.51	6,86	35,1
	Minggu, 20 Maret 2022	11.05	7,00	31,8
BP 2B	Minggu, 13 Maret 2022	10.01	6,90	40,9
	Minggu, 20 Maret 2022	11.15	6,88	42,2
BP 3	Minggu, 13 Maret 2022	10.11	6,95	38,5
	Minggu, 20 Maret 2022	11.25	6,94	35,6
Bak outlet	Minggu, 13 Maret 2022	10.21	6,84	49,0
	Minggu, 20 Maret 2022	11.35	6,85	33,9
Efluen	Minggu, 13 Maret 2022	09.01	6,95	37,1
	Minggu, 20 Maret 2022	10.15	6,74	30,3

Sampel pada IPL TPA Randegan memiliki pH yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan unit yaitu antara 6,5 – 7,19. Nilai pH tertinggi terdapat pada sampel pada bak inlet yaitu 7,19 (pengambilan 1) dan bak aerasi yaitu 7,08 (pengambilan 2). Menurut Mc Bean 1995, karakteristik umum konsentrasi pH di dalam air lindi dalam kurun waktu tertentu memiliki beberapa perbedaan. Dalam beberapa tahun, lindi mengandung bahan organik yang mudah terdegradasi. Nilai pH biasanya berada pada rentang 6-7. Perubahan nilai dari hasil penurunan pH ini mengindikasikan telah siapnya bahan organik yang telah terdegradasi dan adanya produksi gas, sedangkan pada parameter kekeruhan air pada bak inlet hingga efluen mengalami fluktuasi, namun kekeruhan cenderung mengalami penurunan. Menurut Ariza-Tarazona *et al.* (2020), pH dapat mempengaruhi proses degradasi MP. Degradasi MP terjadi secara optimum pada pH rendah (asam).

4.2 Karakteristik dan Kelimpahan MP

Pada air lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto terdapat MP. MP ditemukan pada air lindi disebabkan karena air eksternal yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah plastik, misalnya dari air permukaan, air hujan, air tanah atau sumber lain (Prinanda *et al.*, 2017). Kelimpahan MP pada air lindi mengalami penurunan dari $9,00 \pm 0,85$ partikel/L menjadi $2,20 \pm 0,28$ partikel/L.

Sehingga perhitungan efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada air lindi TPA Randegan, yaitu:

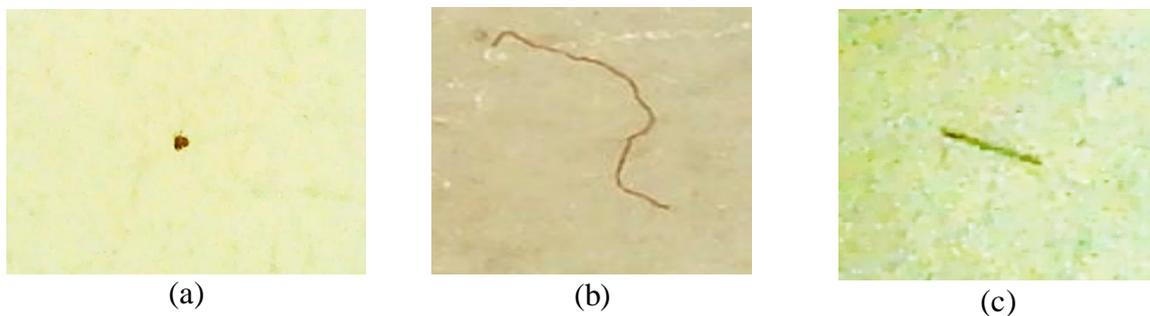
$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi IPL} &= \frac{(\text{MP masuk IPL} - \text{MP keluar IPL})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\
 \text{pengambilan 1} &= \frac{(8,4 - 2)}{8,4} \times 100\% \\
 &= 76,19\% \\
 &= 76\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi IPL} &= \frac{(\text{MP masuk IPL} - \text{MP keluar IPL})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\
 \text{pengambilan 2} &= \frac{(9,6 - 2,4)}{9,6} \times 100\% \\
 &= 75\%
 \end{aligned}$$

Menurut Zhang *et al.* (2021), kinerja penurunan MP dalam instalasi pengolahan lindi dengan proses *pretreatment* + *biotreatment* + pengolahan lanjutan diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 58,33% MP disisihkan selama proses pengolahan lindi, sedangkan pada IPL TPA Randegan Kota Mojokerto yang memiliki bak inlet, bak ekualisasi, bak aerasi, bak pengendap 1, bak pengendap 2 (2 unit), bak pengendap 3, dan bak outlet memiliki rentang efisiensi penyisihan MP sebesar 75% - 76%. IPL TPA Randegan memiliki efisiensi removal lebih besar karena memiliki bak pengendap berjumlah 4 unit, sehingga MP memiliki potensi mengendap lebih besar karena memiliki waktu detensi lebih lama. MP yang terdapat pada air lindi pada IPL TPA Randegan memiliki karakteristik yang beragam. Karakteristik MP tersebut dapat dibedakan berdasarkan bentuk, warna, ukuran, beserta jenis polimer.

4.2.1 Karakteristik MP Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan pengamatan pada mikroskop, bentuk MP yang terdapat pada air lindi TPA Randegan, yaitu: fragmen, *film*, dan fiber (Gambar 4.1). Jumlah MP masing-masing bentuk terdapat pada Tabel 4.2.



Gambar 4. 1 Bentuk MP. (a) fragmen, (b) fiber, (c) *film*

Tabel 4. 2 Karakteristik MP Berdasarkan Bentuk di IPL TPA Randegan

Bentuk	Kelimpahan (partikel/L)			Persentase (%)
	Pengambilan 1	Pengambilan 2	Rata – rata	
Fragmen	12,00	5,60	8,80 ± 4,53	17,86
Fiber	33,20	47,20	40,20 ± 9,90	78,55
<i>Film</i>	2,00	1,60	1,80 ± 0,28	3,59

Berdasarkan penelitian sebelumnya, bentuk MP pada air lindi TPA Air Dingin Padang yang paling banyak ditemukan dari semua sampel adalah berbentuk fragmen (Hajatul, 2018) sedangkan menurut Putri *et al.* (2020), bentuk MP yang ditemukan adalah berbentuk fiber, fragmen dan granula. Berdasarkan Tabel 4.2 bentuk MP pada air lindi IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto yang paling dominan yaitu fiber sebanyak $40,20 \pm 9,90$ partikel/L (78,55%) kemudian fragmen sebesar $8,80 \pm 4,53$ partikel/L (17,86%). Berdasarkan bentuk MP tersebut maka dapat diketahui bahwa MP pada IPL merupakan MP sekunder, dimana MP bentuk fiber berasal dari air resapan dari serat pakaian yang dibuang langsung ke TPA, fragmentasi dari monofilamen jaring yang digunakan untuk menangkap ikan, dan juga kain sintesis (Liebezeit dan Dubaish, 2012; Falco *et al.*, 2019). Bentuk fragmen merupakan bentuk MP yang biasanya berasal dari botol, kantong plastik, dan fragmentasi pipa dan bentuk *film* merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan dan memiliki densitas rendah (Kuasa, 2018).

4.2.2 Karakteristik MP Berdasarkan Ukuran

Pada penelitian ini pengelompokan MP mengacu pada Frias dan Nash (2018), dan Lestari *et al.* (2020), pengklasifikasian MP dibagi menjadi 4 kelas, yaitu: $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$, $101 \mu\text{m} - 350 \mu\text{m}$, $351 \mu\text{m} - 1 \text{mm}$, dan $1 \text{mm} - 5 \text{mm}$. Klasifikasi ukuran tersebut berdasarkan sumber air lindi yang diolah pada IPL berasal dari TPA Randegan, Mojokerto. Hasil pengamatan ukuran MP pada IPL TPA Randegan, Mojokerto terdapat di Tabel 4.3.

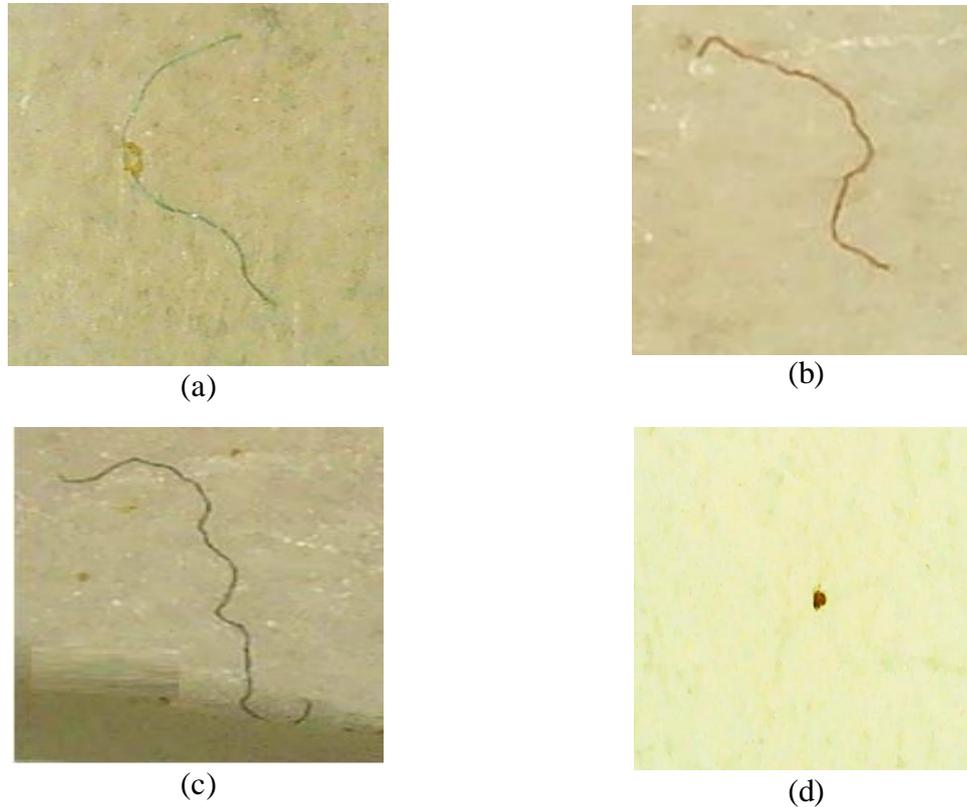
Tabel 4.3 Kelimpahan MP Berdasarkan Ukuran di IPL TPA Randegan

Ukuran	Kelimpahan (partikel/L)			Persentase (%)
	Pengambilan 1	Pengambilan 2	Rata - rata	
1 mm - 5 mm	0,80	1,60	$1,20 \pm 0,57$	2,32
351 μm - 1 mm	14,40	16,00	$15,20 \pm 1,13$	29,59
101 μm - 350 μm	18,40	19,60	$19,00 \pm 0,85$	37,51
1 μm - 100 μm	13,60	18,00	$15,80 \pm 3,11$	30,58

Berdasarkan data pada Tabel 4.3, MP pada air lindi IPL TPA Randegan didominasi oleh MP berukuran $101 \mu\text{m} - 350 \mu\text{m}$ sebanyak $19,00 \pm 0,85$ partikel/L (37,51%) dan berukuran $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$ sebanyak $15,80 \pm 3,11$ partikel/L (30,58%), sedangkan ukuran MP paling sedikit yaitu MP berukuran antara $1 \text{mm} - 5 \text{mm}$. Menurut Hajatul (2021), ukuran MP yang ditemukan pada TPA Air Dingin adalah MP dengan ukuran $1 - 5 \text{mm}$. Pada uraian tersebut dapat diketahui bahwa MP terdegradasi pada unit IPL yang membuat ukuran MP yang ditemukan lebih berukuran kecil dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hal ini terjadi dikarenakan MP mengalami fragmentasi pada unit IPL TPA. Menurut Sa'diyah dan Trihadiningrum (2020), fragmentasi MP merupakan proses pemecahan MP dari plastik yang berukuran lebih besar menjadi ukuran yang lebih kecil. Menurut Liebezeit dan Dubaish (2012), fragmentasi MP dapat terjadi karena kondisi cuaca seperti cuaca seperti radiasi sinar UV-B, angin dan gelombang. Data pada Tabel 4.3 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP berdasarkan ukuran dengan menggunakan persamaan 1. Efisiensi penyisihan MP dapat dilihat pada Gambar 4.3. Berdasarkan Gambar 4.3, efisiensi penyisihan MP dari paling tinggi yaitu $351 \mu\text{m} - 1 \text{mm}$, $1 \text{mm} - 5 \text{mm}$, $101 \mu\text{m} - 350 \mu\text{m}$, dan $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$.

4.2.3 Karakteristik MP Berdasarkan Warna

Menurut Lestari *et al.* (2020), warna MP dikelompokkan menjadi 6, yaitu: hitam, biru, merah, kuning, putih, dan transparan. Pada pengamatan menggunakan *dissecting microscope* tidak ditemukan MP berwarna putih, namun terdeteksi warna hijau. Oleh karena itu klasifikasi berdasarkan warna dibagi menjadi 6, yaitu: hitam, biru, merah, kuning, hijau, dan transparan. (Gambar 4.2).



Gambar 4. 2 Warna MP. (a) biru, (b) merah, (c) hitam, (d) hijau

Tabel 4. 4 Kelimpahan MP Berdasarkan Warna di IPL TPA Randegan

Warna	Kelimpahan (partikel/L)			Persentase (%)
	Pengambilan 1	Pengambilan 2	Rata – rata	
Hijau	4,80	2,80	3,80 ± 1,41	7,66
Hitam / Abu	28,80	39,60	34,20 ± 7,64	66,91
Biru	1,20	0,80	1,00 ± 0,28	2,01
Merah	6,80	8,40	7,60 ± 1,13	14,92
Kuning / Coklat	2,80	2,40	2,60 ± 0,28	5,17
Transparan	2,80	0,40	1,60 ± 1,70	3,33

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, warna MP pada air lindi didominasi oleh warna hitam/abu sebanyak $34,20 \pm 7,64$ partikel/L (66,91%) dan warna merah sebanyak $7,60 \pm 1,13$ partikel/L (14,92%). Menurut Hajatul (2021), warna MP yang ditemukan pada TPA Air Dingin adalah berwarna putih, sedangkan warna MP yang paling banyak ditemukan pada penelitian ini adalah warna hitam. Menurut Hiwari *et al.* (2019), warna MP yang didominasi warna hitam dapat mengindikasikan banyaknya kontaminan yang terserap dalam MP dan partikel organik lainnya. MP berwarna hitam pula memiliki kemampuan menyerap polutan yang tinggi, juga berpengaruh terhadap tekstur dari MP (GESAMP, 2015).

Menurut Kosuth *et al.* (2018), warna MP yang berwarna terang lebih sulit untuk dideteksi walaupun media filter / kertas filter yang digunakan berwarna merah. Sehingga pada penelitian ini banyak ditemukan MP yang berwarna pekat. Apabila warna MP yang ditemukan masih pekat, berarti MP belum mengalami perubahan warna (*discolouring*) yang signifikan.

4.2.4 Karakteristik MP Berdasarkan Jenis Polimer

Hasil uji Spektrofotometri FTIR (*Fourier-Transform Infrared*) dari beberapa bak yang *representatif*, mengidentifikasi sepuluh jenis polimer berbeda. Polimer tersebut adalah bakelit, *cellophane*, *polyethylene* (PE), *polyvinylidene fluoride* (PVDF), *polyamide* (PA), *polystyrene* (PS), *polypropylenesulfide* (PPS), *polycarbonate* (PC), *polyethyleneterephthalate* (PET), dan *polyacrylate*. Persebaran jenis polimer pada tiap unit IPL disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jenis Polimer Berdasarkan Unit di IPL TPA Randegan

Unit IPL	Jenis Polimer
Inlet	<i>cellophane</i> *, bakelit, PC, PE, PPS, PA, PS, PVDF
Ekualisasi	<i>cellophane</i> *, bakelit, PE, PA, <i>polyacrylat</i> , PVDF
Aerasi	<i>cellophane</i> *, PS, PA, PE, PVDF
BP 1	<i>cellophane</i> *, PA, PE, PVDF
BP 2A	<i>cellophane</i> *, PA, PE, PVDF
BP 2B	<i>cellophane</i> *, PA, PET, PVDF
BP 3	<i>cellophane</i> *, PVDF
Outlet	<i>cellophane</i> *, PVDF
Efluen	<i>cellophane</i> *, PE, PS, PVDF

Keterangan: **cellophane* merupakan polimer berbasis selulosa

Pada sampel air lindi TPA Randegan jenis polimer yang banyak ditemukan adalah jenis PE, PVDF, dan *cellophane*. Menurut Wati (2020), jenis sampah yang sering ditemukan pada TPA adalah plastik berjenis PE yaitu jenis plastik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sifatnya yang ringan, fleksibel, kuat, mudah dibawa, kedap air, serta biaya produksi murah yang membuat penggunaan plastik berjenis PE semakin banyak dan luas. Lalu untuk jenis kedua yaitu PVDF. Menurut Nugraha *et al.* (2017), PVDF adalah bahan *fluoropolymer* yang memiliki sifat piezoelektrik dan sifat piroelektrik yang kuat. Bahan ini banyak digunakan karena memiliki sifat kekakuan yang rendah, respons yang baik, fleksibel, dan ringan. Oleh karena itu, dalam beberapa tahun terakhir, PVDF telah banyak digunakan sebagai sensor dan aktuator, lalu untuk contoh lain aplikasi dari PVDF yaitu berupa selang plastik, membran, dan pembuatan kain. *Cellophane* / selofan adalah selulosa transparan yang memiliki sifat kimia yang tidak mudah larut dalam air, dan sifat mekanis mudah dilaminasi, dari sifat tersebut selofan banyak digunakan untuk membungkus makanan seperti sosis, timun, dan keju. Menurut Budi (2006), fungsi selofan digunakan untuk kemasan yang *heat seal*. Fungsi lain selofan yaitu bahan yang digunakan untuk membuat membran semipermeabel ardatiris, tetapi untuk saat ini dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan kertas untuk membungkus barang seperti buket bunga.

Menurut He *et al.* (2019), pada sampel air lindi yang diteliti jenis polimer yang banyak ditemukan adalah jenis PE dan PP, sedangkan pada sampel air lindi IPL TPA Randegan, Kota Mojokerto didominasi jenis PE, PVDF, dan *cellphane*. Densitas PE adalah (0,857 – 0,975) g/cm³, sedangkan untuk MP berjenis PVDF memiliki densitas 1,78 g/cm³. Pada perbedaan densitas tersebut, pada pengambilan dengan letak yang sama, dapat memungkinkan adanya proses *biofouling* dan turbulensi pada unit IPL. Karena pada kolom air dapat terjadi beberapa proses perpindahan yaitu *transport* akibat turbulensi, pengendapan, agregasi, *biofouling*, dan resuspensi (Kooi *et al.*, 2018). Mikroba pada air lindi akan menempel pada sampah plastik berbagai ukuran dan kepadatan, lalu membentuk biofilm yang dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam daya apung partikel. Pada proses *biofouling* MP dapat menyebabkan MP yang sebelumnya terapung pada bagian permukaan dapat menjadi tenggelam (Barnes *et al.*, 2009).

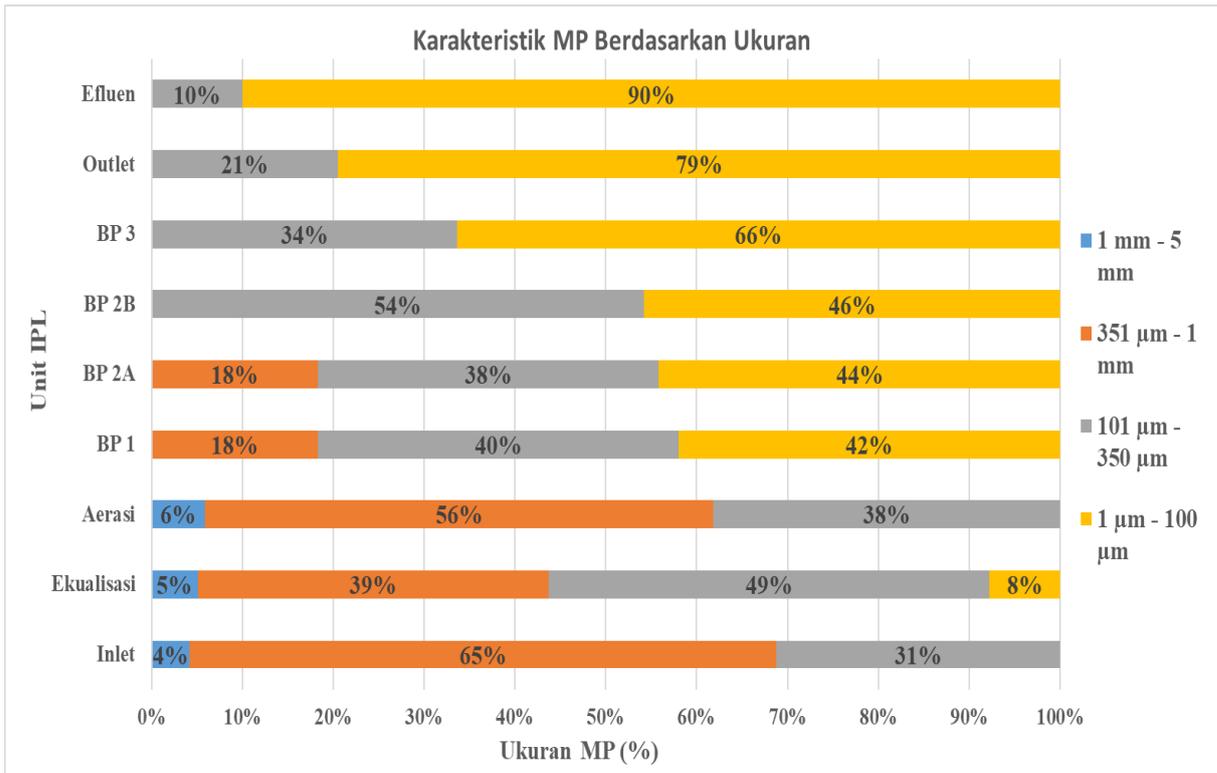
4.3 Efisiensi Penyisihan MP di Setiap Unit IPL

Unit operasi IPL terdiri dari bak inlet, bak ekualisasi, unit aerasi, bak pengendap 1, bak pengendap 2 (2 unit), bak pengendap 3, dan bak outlet. Masing-masing unit operasi memiliki kriteria desain yang berbeda-beda. Perbedaan kriteria desain unit operasi tersebut dapat menyebabkan perbedaan efisiensi penyisihan MP maupun parameter lainnya. Kelimpahan MP pada unit IPL terdapat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Kelimpahan MP dan Nilai Kekeuhan Setiap Unit di IPL TPA Randegan

Unit IPL	Kelimpahan (partikel/L)			Rata – rata Kekeuhan (NTU)
	Pengambilan 1	Pengambilan 2	Rata - rata	
Inlet	8,40	9,60	9,00 ± 0,85	51,20 ± 22,77
Ekualisasi	7,60	8,00	7,80 ± 0,28	42,70 ± 18,53
Aerasi	6,40	7,20	6,80 ± 0,57	40,05 ± 17,61
BP 1	6,80	8,40	7,60 ± 1,13	30,10 ± 7,07
BP 2A	4,80	6,00	5,40 ± 0,85	26,00 ± 8,20
BP 2B	4,40	5,20	4,80 ± 0,57	41,55 ± 0,92
BP 3	4,00	4,40	4,20 ± 0,28	37,05 ± 2,05
Outlet	2,80	3,20	3,00 ± 0,28	41,45 ± 10,68
Efluen	2,00	2,40	2,20 ± 0,28	33,70 ± 4,81

Berdasarkan data pada Tabel 4.6 bahwa semakin sampel melewati unit IPL, kelimpahan MP mengalami penurunan, dan juga kelimpahan MP mengalami fluktuasi pada unit operasi IPL. Hal ini dikarenakan setiap unit memiliki waktu detensi, debit, dan kriteria desain yang berbeda-beda sehingga mengalami proses yang berbeda. Hal ini dikarenakan selain MP, kekeuhan juga dapat dipengaruhi oleh alga, sedimen, partikel diskrit, serta partikel koloid lainnya. Jika ditinjau berdasarkan ukuran, MP mengalami fluktuasi. (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Kelimpahan MP berdasarkan Ukuran Setiap unit IPL

Dapat dilihat pada Gambar 4.3 menunjukkan kelimpahan MP berukuran 101 – 350 µm mengalami peningkatan sejak melewati bak aerasi dan mengalami penurunan setelah melewati BP 2B dikarenakan MP ukuran tersebut mengalami akumulasi (pengendapan) pada dasar bak tersebut. Kelimpahan MP berukuran 1 – 100 µm meningkat setelah bak aerasi hingga outlet, sedangkan kelimpahan MP berukuran 351 µm – 1 mm dan 1 – 5 mm mengalami peningkatan di bak inlet, kemudian mengalami penurunan hingga melewati unit aerasi. Menurut Sa'diyah dan Trihadiningrum (2020), fluktuasi kelimpahan MP disebabkan oleh proses degradasi MP baik degradasi secara fisik maupun kimia. Selain itu, peningkatan kelimpahan MP juga dapat disebabkan oleh akumulasi mesoplastik atau MP yang mengendap pada bak IPL. Adapun proses yang terjadi pada masing-masing bak IPL dijabarkan pada sub bab berikut.

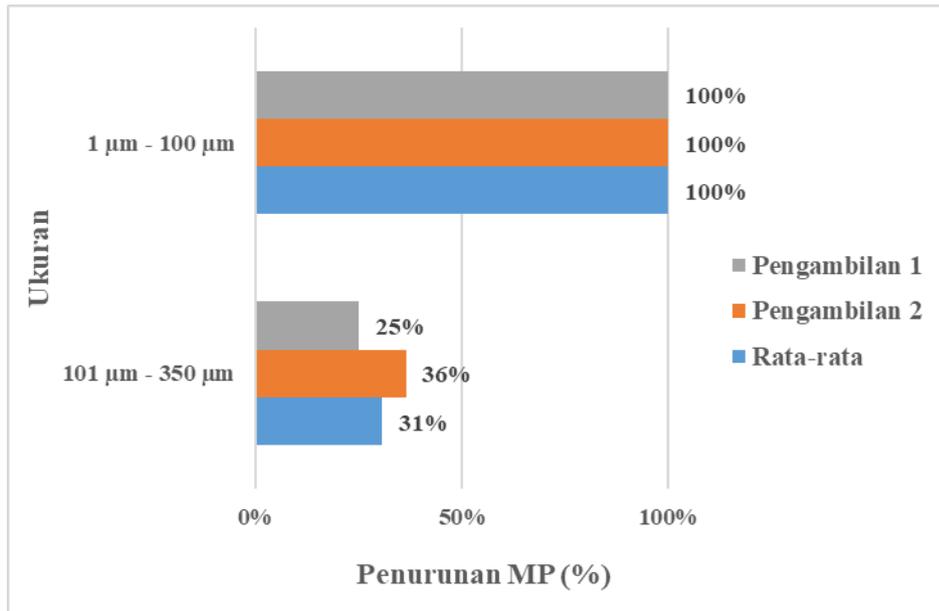
4.3.1 Kelimpahan MP pada Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi pada IPL TPA Randegan merupakan bak berbentuk persegi panjang dengan panjang 4,8 m, lebar 2,2 m dan ketinggian 2,7 m. Bak ekualisasi pada IPL TPA Randegan adalah bak penampungan yang berfungsi untuk meminimalkan dan mengendalikan fluktuasi aliran lindi baik kuantitas maupun kualitas yang berbeda dan menghomogenkan konsentrasi limbah cair dan bak ini direncanakan untuk menampung lindi yang dihasilkan sebelum diolah pada unit selanjutnya (Rizqia dan Slamet, 2021). Berdasarkan data yang didapat maka dapat dihitung penyisihan MP pada bak ekualisasi, yaitu:

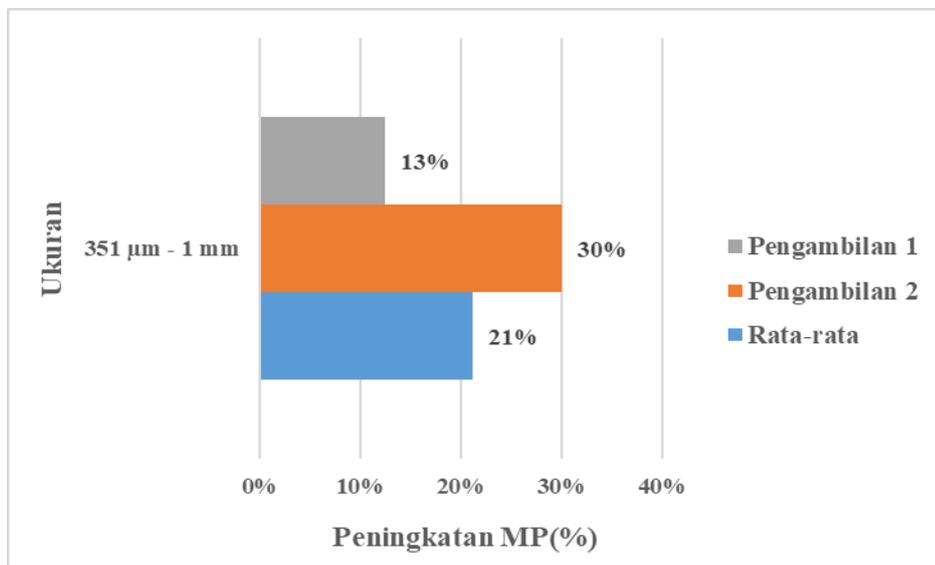
$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak ekualisasi} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\
 \text{pengambilan 1} &= \frac{(7,6 - 6,4)}{7,6} \times 100\% \\
 &= 15,79\% \\
 &= 16\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak ekualisasi pengambilan 2} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\
 &= \frac{(8 - 7,2)}{8} \times 100\% \\
 &= 10\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan rentang efisiensi penyisihan MP pada bak ekualisasi adalah 10% - 16%, bak yang memiliki fungsi untuk meminimumkan dan mengendalikan fluktuasi air lindi juga dapat menyisihkan MP, hasil penyisihan tersebut mengendap pada kolam dan juga lumpur. Berdasarkan data pada Gambar 4.3 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP dan persentase peningkatan kelimpahan MP dengan menggunakan persamaan 1 seperti Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Efisiensi Penyisihan MP Total pada Bak Ekualisasi Berdasarkan Ukuran



Gambar 4. 5 Peningkatan Kelimpahan MP pada Bak Ekualisasi Berdasarkan Ukuran

Bak ekualisasi memiliki efisiensi cukup rendah dalam menyisihkan MP karena fungsi utama dari bak ekualisasi adalah menyamaratakan debit aliran air lindi bukan untuk pengendapan partikel dengan waktu yang lama seperti halnya bak sedimentasi. Walaupun demikian, pada bak ekualisasi terjadi akumulasi dan pengendapan yang disebabkan oleh *biofouling* pada MP sehingga hal tersebut yang menyebabkan terdapat selisih jumlah MP pada bak ekualisasi dengan unit selanjutnya. Menurut Kaiser *et al.* (2017), *biofouling* dapat menyebabkan MP turun dan mengendap, pada penelitian yang telah dilakukan, MP yang mengalami *biofouling* ditemukan pada sedimen laut. Berdasarkan data pada Gambar 4.4 dapat terlihat jika terdapat perbedaan jumlah MP antara inlet dan outlet. Penurunan jumlah MP berukuran 1 μm – 100 μm sebesar 100% dan 101 μm – 350 μm sebesar 25% - 36%, sedangkan pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa MP berukuran 351 μm – 1 mm mengalami peningkatan MP sebesar 13-30%. Hal ini mengindikasikan MP mengalami akumulasi (pengendapan) dan sebagian lagi mengalami fragmentasi menjadi ukuran 1 μm – 350 μm . Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa MP dapat mengalami fragmentasi dan mengendap pada dasar bak ekualisasi yang menyebabkan menurunnya kelimpahan MP pada unit setelahnya.

4.3.2 Kelimpahan MP pada Bak Aerasi

Bak aerasi pada IPL TPA Randegan merupakan bak berbentuk persegi panjang dengan panjang 4,8 m, lebar 2,2 m dan ketinggian 2,7 m. Bak Aerasi pada IPL TPA Randegan menggunakan aerasi jenis *bubble aerator*. Berdasarkan data yang didapat maka dapat dihitung penyisihan MP pada bak aerasi, yaitu:

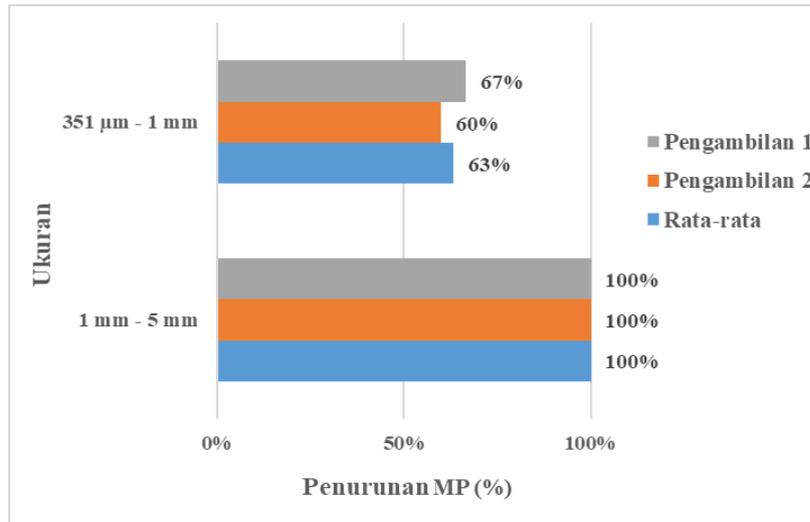
$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak aerasi} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 1} &= \frac{(6,4 - 6,8)}{6,4} \times 100\% \\ &= -6,25\% \sim 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak aerasi} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 2} &= \frac{(7,2 - 8,4)}{7,2} \times 100\% \\ &= -16,67\% \sim 0\% \end{aligned}$$

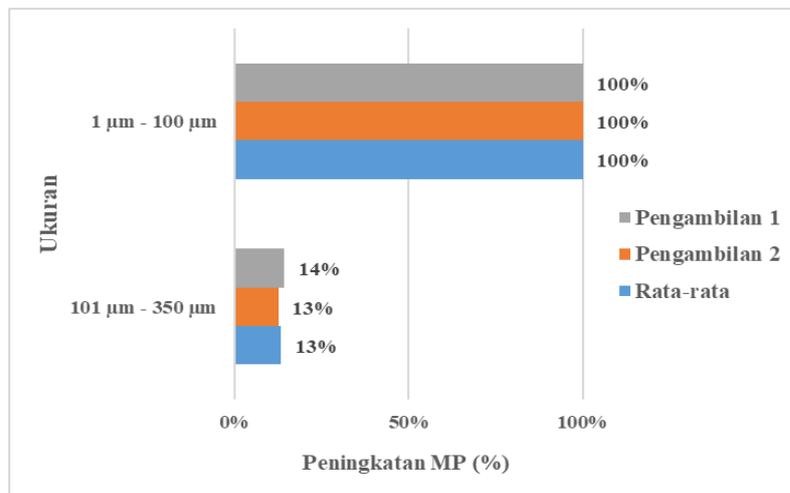
Tabel 4. 7 Ukuran MP pada Bak Aerasi dan BP 1 IPL TPA Randegan

Ukuran	Inlet Aerasi				Inlet BP 1			
	partikel/L			Persentase (%)	partikel/L			Persentase (%)
	Pengambilan 1	Pengambilan 2	Rata - rata		Pengambilan 1	Pengambilan 2	Rata - rata	
1 mm - 5 mm	0,40	0,40	0,4	5,90%	0	0	0	0,00%
351 μm - 1 mm	3,60	4,00	3,80 \pm 0,28	55,90%	1,20	1,60	1,40 \pm 0,28	18,35%
101 μm - 350 μm	2,40	2,80	2,60 \pm 0,28	38,19%	2,80	3,20	3,00 \pm 0,28	39,64%
1 μm - 100 μm	0,00	0,00	0	0%	2,80	3,60	3,20 \pm 0,57	42,02%

Berdasarkan data pada Tabel 4.7 pada bak aerasi ukuran MP didominasi oleh MP berukuran 351 μm – 1 mm dan 101 μm – 350 μm . Efisiensi penyisihan MP dan peningkatan MP berdasarkan ukuran dapat dihitung dengan persamaan 1 seperti pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4. 6 Efisiensi Penyisihan MP Total pada Bak Aerasi Berdasarkan Ukuran



Gambar 4. 7 Peningkatan Kelimpahan MP pada Bak Aerasi Berdasarkan Ukuran

Berdasarkan pengukuran, dapat dilihat pada Gambar 4.7 telah terjadi peningkatan MP berukuran 1 μm – 100 μm sebesar 100% dan 101 μm – 350 μm sebesar 13% - 14 %. Lalu pada Gambar 4.6 MP berukuran 351 μm – 1 mm dari inlet hingga outlet bak aerasi mengalami penurunan sebesar 60% - 67%. MP ukuran 1 mm – 5 mm mengalami penurunan sebesar 100%, yang berarti tidak ditemukan MP pada outlet bak aerasi. Jika dibandingkan dengan unit lain, bak aerasi memiliki debit dan kecepatan yang paling besar karena pada bak aerasi aliran air menggunakan sistem pompa. Hal tersebut yang menyebabkan MP mengalami degradasi secara fisik yang dipengaruhi gesekan antara MP dengan aliran air dengan pompa (Andrady, 2011). Menurut Sa'diyah *et al.* (2020), MP akan mengalami degradasi apabila terkena aliran air berkecepatan tinggi yang akan menyebabkan MP menjadi ukuran lebih kecil. Pada saat proses aerasi juga dapat terjadi akumulasi pada dasar bak karena partikel MP yang berukuran besar akan lebih cepat mengendap.

Menurut Hongprasith *et al.* (2020), partikel MP pada unit aerasi dapat mengalami peningkatan. Hal ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa MP yang telah mengendap sebagai lumpur tersuspensi kembali karena pengaruh aerasi pada *Sequence Batch Reactor* (SBR). Pada unit aerasi, MP berukuran besar akan terfragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil. Pada *secondary treatment* terjadi proses penyisihan MP sebesar 20,1% yang disertai dengan penyisihan bahan organik yang dapat terurai (Cristaldi *et al.*, 2020).

4.3.3 Kelimpahan MP pada Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi pada IPL TPA Randegan terdapat 4 bak yaitu: bak sedimentasi 1 (1 unit), bak sedimentasi 2 (2 unit), bak sedimentasi 3 (1 unit). Bak sedimentasi berfungsi dalam memisahkan partikel tersuspensi (TSS) dari air lindi melalui pengendapan secara gravitasi. Ketika air lindi mengandung *suspended solid* masuk ke bak sedimentasi, padatan-padatan dengan berat jenis yang lebih besar dari air mengendap dan yang memiliki berat jenis lebih kecil dari air mengapung ke permukaan air (Kurniawan, 2015). Bak sedimentasi adalah unit operasi yang berfungsi untuk menyisahkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi (Safria dan Perdana, 2022). Berikut merupakan perhitungan removal efisiensi MP tiap unit bak sedimentasi:

1. Bak Sedimentasi 1

Bak sedimentasi 1 IPL TPA Randegan yaitu bak berbentuk persegi panjang dengan panjang 4,8 m, lebar 2,2 m dan ketinggian 2,7 m. Berdasarkan data yang didapat, maka dapat dihitung penyisihan MP pada bak sedimentasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak sedimentasi 1} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 1} &= \frac{(6,8 - 4,8)}{6,8} \times 100\% \\ &= 29,41\% \\ &= 29\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak sedimentasi 1} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 2} &= \frac{(8,4 - 6)}{8,4} \times 100\% \\ &= 28,57\% \\ &= 29\% \end{aligned}$$

2. Bak Sedimentasi 2

Bak sedimentasi 2 IPL TPA Randegan berbentuk persegi panjang yang berjumlah dua unit dengan ukuran panjang 4,8 m, lebar 2,8 m dan ketinggian 2,7 m. Berdasarkan data yang didapat, maka dapat dihitung penyisihan MP pada bak sedimentasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak sedimentasi 2A} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 1} &= \frac{(4,8 - 4,4)}{4,8} \times 100\% \\ &= 8,33\% \\ &= 8\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak sedimentasi 2A} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100 \% \\
 \text{pengambilan 2} &= \frac{(6 - 5,2)}{6} \times 100\% \\
 &= 13,33\% \\
 &= 13\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak sedimentasi 2B} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100 \% \\
 \text{pengambilan 1} &= \frac{(4,4 - 4)}{4,4} \times 100\% \\
 &= 9,09\% \\
 &= 9\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak sedimentasi 2B} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100 \% \\
 \text{pengambilan 2} &= \frac{(5,2 - 4,4)}{5,2} \times 100\% \\
 &= 15,38\% \\
 &= 15\%
 \end{aligned}$$

3. Bak Sedimentasi 3

Bak sedimentasi 3 IPL TPA Randegan berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 4,8 m, lebar 2,8 m dan ketinggian 2,7 m. Berdasarkan data yang didapat, maka dapat dihitung penyisihan MP pada bak sedimentasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak sedimentasi 3} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\
 \text{pengambilan 1} &= \frac{(4 - 2,8)}{4} \times 100\% \\
 &= 30\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi bak Sedimentasi 3} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\
 \text{pengambilan 2} &= \frac{(4,4 - 3,2)}{4,4} \times 100\% \\
 &= 27,27\% \\
 &= 27\%
 \end{aligned}$$

Total efisiensi removal pada unit sedimentasi pada pengambilan 1 adalah

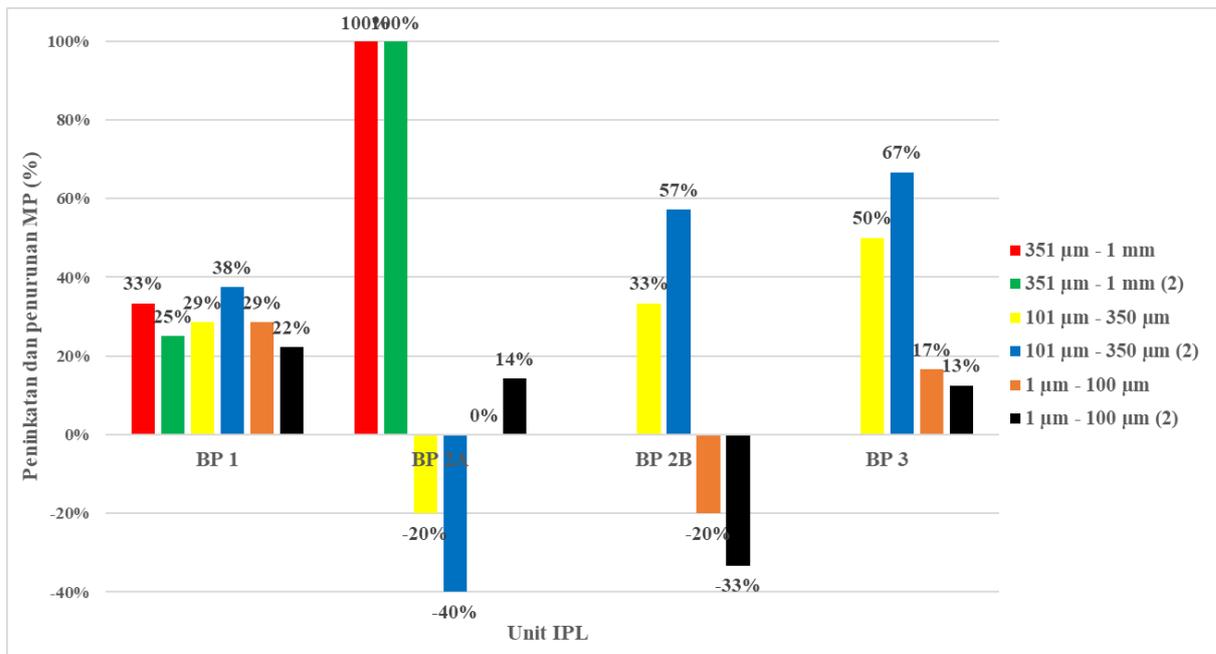
$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{MP masuk bak sedimentasi 1} - \text{MP keluar bak sedimentasi 3})}{\text{MP masuk bak sedimentasi 1}} \times 100\% \\
 &= \frac{(6,8 - 2,8)}{6,8} \times 100\% \\
 &= 58,82\% \\
 &= 59\%
 \end{aligned}$$

Total efisiensi removal pada unit sedimentasi pada pengambilan 2 adalah

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{MP masuk bak sedimentasi 1} - \text{MP keluar bak sedimentasi 3})}{\text{MP masuk bak sedimentasi 1}} \times 100\% \\
 &= \frac{(8,4 - 3,2)}{8,4} \times 100\% \\
 &= 61,90\% \\
 &= 62\%
 \end{aligned}$$

Menurut Iyare *et al.* (2020), rata-rata penyisihan MP pada *preliminary treatment* dan *primary treatment* 72 % (kisaran 35% – 93%). Data dari pengolahan limbah (IPAL) di Rusia, Finlandia dan Kanada membuktikan bahwa *preliminary treatment* dan *primary treatment* dapat menyisihkan 92 – 93 % fiber. Menurut Sun *et al.* (2019), penyisihan MP pada *preliminary* dan *primary treatment* dapat menyisihkan sebagian MP air lindi yaitu sekitar (35% - 59%). Hal tersebut menyimpulkan bahwa operasional bak sedimentasi IPL TPA Randegan memiliki rentang efisiensi penyisihan MP yaitu 59% - 62% mendekati dengan unit bak sedimentasi pada penelitian sebelumnya. Bak sedimentasi memiliki efisiensi penyisihan yang cukup tinggi karena pengendapan dilakukan secara gravitasi dan memiliki waktu detensi yang lebih lama daripada unit lainnya. Menurut Martin (2001), pengendapan partikel pada bak sedimentasi disebabkan oleh gaya gravitasi, partikel yang mempunyai berat jenis lebih berat dari berat jenis air akan mengendap ke bawah dan yang lebih kecil berat jenisnya akan mengapung, kecepatan pengendapan partikel akan bertambah sesuai dengan pertambahan ukuran partikel dan berat jenisnya. Untuk menghindari pecahnya flok selama proses pengendapan, maka aliran air dalam bak harus laminar.

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP dan peningkatan MP seperti contoh perhitungan 1. Hasil perhitungan efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Keterangan: (2) merupakan data ukuran pada pengambilan kedua

Gambar 4. 8 Efisiensi Penyisihan dan Peningkatan MP Total pada Bak Sedimentasi Berdasarkan Ukuran

Berdasarkan data pada Gambar 4.8 menunjukkan efisiensi penurunan kelimpahan MP dari bak sedimentasi 1, bak sedimentasi 2A, bak sedimentasi 2B dan bak sedimentasi 3. Penyisihan MP pada BP 1 terjadi pada MP berukuran 351 μm – 1 mm sebesar 25% - 33%, 101 μm – 351 μm dan 1 μm – 100 μm sebesar 22 - 29%. Pada BP 2A terjadi penyisihan MP berukuran 351 μm – 1 mm sebesar 100%, tetapi mengalami peningkatan MP ukuran 101 μm – 351 μm sebesar 20% - 40%, hal ini disebabkan MP berukuran 351 μm – 1 mm mengalami fragmentasi menjadi ukuran 1 μm – 350 μm . Pada BP 2B MP berukuran 101 μm – 351 μm mengalami penurunan sebesar 33% - 57% dan MP berukuran 1 μm – 100 μm mengalami peningkatan sebesar 20% - 33%, hal ini berarti MP berukuran 101 μm – 5 mm beberapa mengalami pengendapan dan sebagian lagi mengalami fragmentasi ukuran menjadi 1 μm – 350 μm . Pada BP 3 mengalami penurunan MP berukuran 101 μm – 351 μm sebesar 50% - 67%, sedangkan MP berukuran 1 μm – 100 μm mengalami penurunan sebesar 13% - 17%. Dapat disimpulkan bahwa BP dapat menurunkan MP, sebagian MP akan terfragmentasi menjadi ukuran kecil, dan ada juga yang mengendap pada BP. Fragmentasi pada unit sedimentasi terjadi karena gesekan antara partikel diskrit atau lainnya yang disebabkan oleh kecepatan aliran pada bak sedimentasi (Song *et al.*, 2017).

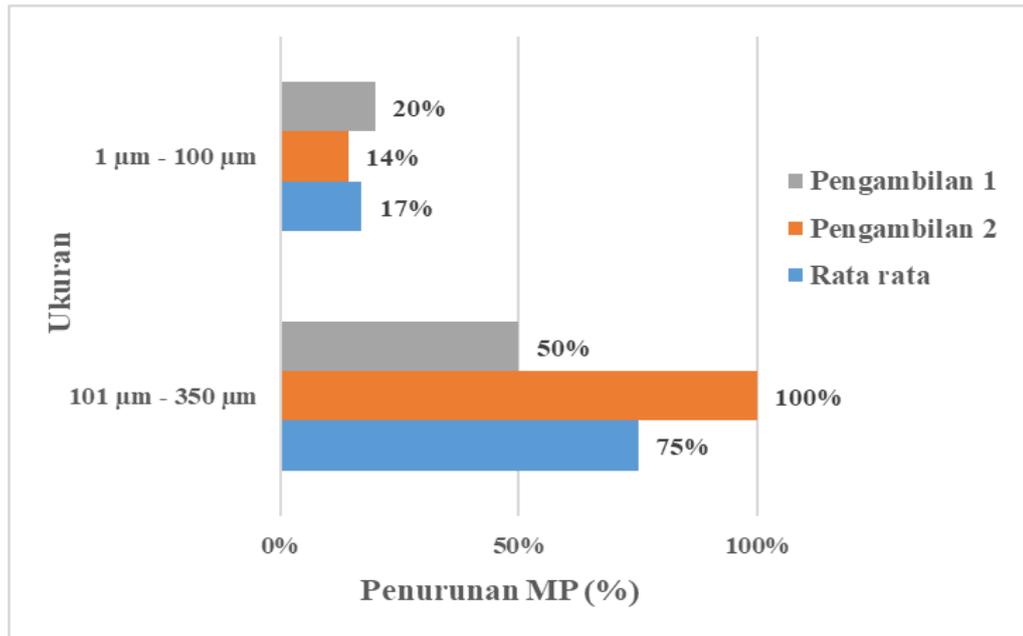
4.3.4 Kelimpahan MP pada Bak Outlet

Bak outlet pada IPL TPA Randegan merupakan bak berbentuk persegi panjang dengan panjang 4,8 m, lebar 2,8 m dan ketinggian 2,7 m. Bak outlet pada IPL TPA Randegan merupakan suatu bak yang berfungsi sebagai penampungan air lindi yang sebelum akhirnya limbah lindi di buang ke efluen atau badan air. Pada bak ini air lindi sudah bebas dari parameter fisik, biologi, kimia, hal tersebut menunjukkan pengaruh proses pengolahan air lindi. Berdasarkan data yang didapat maka dapat dihitung penyisihan MP pada bak outlet, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak outlet} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 1} &= \frac{(2,8 - 2)}{2,8} \times 100\% \\ &= 28,57\% \\ &= 29\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi bak outlet} &= \frac{(\text{MP masuk bak} - \text{MP keluar bak})}{\text{MP masuk bak}} \times 100\% \\ \text{pengambilan 2} &= \frac{(3,2 - 2,4)}{3,2} \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan rentang efisiensi penurunan kelimpahan MP pada bak outlet adalah 25% - 29%, bak yang memiliki fungsi menampung air lindi sebelum dikeluarkan menuju badan air ini dapat menurunkan MP. Berdasarkan data pada Gambar 4.3 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP dengan menggunakan persamaan 1 seperti Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Efisiensi Penyisihan MP Total pada Bak Outlet Berdasarkan Ukuran

Berdasarkan pengukuran, bak outlet mampu menyisihkan MP dengan ukuran 101 µm – 351 µm sebesar 50% - 100% dan 1 µm – 100 µm sebesar 14 % - 20%. Cara kerja bak outlet pada IPL TPA Randegan ini menggunakan sistem batch (berkala), dimana air lindi akan ditampung terlebih dahulu sebelum disalurkan pada badan air. Hal tersebut memungkinkan untuk terjadi proses pengendapan pada dasar bak. Sistem kerja demikian memiliki persamaan dengan reservoir. Menurut Watkins *et al.* (2019), dalam sampel air permukaan, konsentrasi reservoir MP lebih rendah, sedangkan pada sampel sedimen konsentrasi reservoir lebih tinggi. Hubungan ini menunjukkan bahwa pengendapan MP dari permukaan air terjadi di dalam air yang lebih lambat dari reservoir. Bak outlet pada IPL juga memiliki kecepatan air yang rendah jadi dapat memungkinkan MP mengalami pengendapan pada sedimen dari bak outlet. Adapun ringkasan efisiensi removal tiap unit IPL terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Efisiensi Removal Tiap Unit IPL

Unit IPL	Efisiensi removal (%)	
	Pengambilan 1	Pengambilan 2
Ekualisasi	16	10
Aerasi	0	0
BP I	29	29
BP II A	8	13
BP II B	9	15
BP III	30	27
Outlet	29	25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut:

1. Kelimpahan MP pada influen IPL TPA Randegan adalah $9,00 \pm 0,85$ partikel/L dan pada efluen adalah $2,20 \pm 0,28$ partikel/L. Bentuk MP yang terdapat pada IPL yaitu fiber, *film*, dan fragmen yang didominasi oleh fiber sebesar 78,55% dan fragmen sebesar 17,86%, sedangkan ukuran MP didominasi oleh MP berukuran $101 \mu\text{m} - 350 \mu\text{m}$ sebesar 37,51% dan $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$ sebesar 30,58%. Warna MP didominasi oleh hitam sebesar 66,91% dan merah 14,41% pada air lindi. Jenis polimer MP yang berada di IPL TPA Randegan, yaitu: bakelit, *cellophane*, *polyacrylate*, PE, PVDF, PA, PS, PPS, PET, dan PC.
2. Sebaran MP pada unit IPL TPA Randegan secara keseluruhan berturut turut berupa kelimpahan, warna, bentuk, dan ukuran tiap unitnya yaitu bak inlet ($9,00 \pm 0,85$ partikel/L, hitam, fiber, $351 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$), bak ekualisasi ($7,80 \pm 0,28$ partikel/L, hitam, fiber, $101 \mu\text{m} - 350 \mu\text{m}$), bak aerasi ($6,80 \pm 0,57$ partikel/L, hitam, fiber, $351 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$), bak sedimentasi 1 ($7,60 \pm 1,13$ partikel/L, hitam, fiber, $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$), bak sedimentasi 2A ($5,40 \pm 0,85$ partikel/L, hitam, fiber, $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$), bak sedimentasi 2B ($4,80 \pm 0,57$ partikel/L, hitam, fiber, $101 \mu\text{m} - 350 \mu\text{m}$), bak sedimentasi 3 ($4,20 \pm 0,28$ partikel/L, hitam, fiber, $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$), bak outlet ($3,00 \pm 0,28$ partikel/L, hitam, fiber, $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$), dan efluen ($2,20 \pm 0,28$ partikel/L, hitam, fiber, $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$). Jenis polimer MP yang mendominasi pada unit IPL adalah *cellophane*, PE, dan PVDF. Rentang efisiensi penyisihan MP pada IPL TPA Randegan secara keseluruhan yaitu 75% - 76%, sedangkan rentang efisiensi penyisihan pada bak ekualisasi 10% - 16%, bak aerasi 0%, bak sedimentasi 1 29%, bak sedimentasi 2A 8% - 13%, bak sedimentasi 2B 9% - 15%, bak sedimentasi 3 27% - 30%, total bak sedimentasi 59% - 62%, bak outlet sebesar 25% - 29%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Memperbanyak pengulangan pengambilan sampel agar diperoleh data yang lebih representatif
2. Melakukan pengambilan sampel sesuai dengan waktu detensi air lindi di setiap unit.
3. Melakukan pengambilan sampel pada sedimen (lumpur) di setiap unit IPL.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. (2007). Analisis gugus fungsi pada sampel uji, bensin, dan spiritus menggunakan metode spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(1410–9662), 79–85.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596-1605.
- Ariza-Tarazona, M. C., Villarreal-Chiu, J. F., Barbieri, V., Siligardi, C., & Cedillo-González, E. I. (2019). New strategy for microplastic degradation: Green photocatalysis using a protein-based porous N-TiO₂ semiconductor. *Ceramics International*, 45(7), 9618-9624.
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada sedimen di pantai kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326-332.
- 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*. Elsevier Ltd.
- Bioinfrasda, (2018). Pengolahan sampah 2018 UNDIP. Diakses pada tanggal 18 Maret 2022, dari <https://biroinfrasda.jatengprov.go.id>.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364(1526), 1985-1998.
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science and Technology*. American Chemical Society.
- Browne, M. A. (2015). Sources and pathways of microplastics to habitats. *Marine anthropogenic litter*, 229-244
- Budi, T. P. (2006). SPSS13.0 Terapan; Riset Statistik Parametrik. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET
- Chusnul. (2011). Spektroskopi IR. Kimia Analitik Instrument. Chemical Engineering Departement. State Poltytechnic of Sriwijaya, 96, 103-110.
- Cristaldi, A., Fiore, M., Zuccarello, P., Conti, G. O., Grasso, A., Nicolosi, I., Ferrante, M. (2020). Efficiency of wastewater treatment plants (Wwtps) for microplastic removal: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG.
- Darwis, H. (2018). Pengelolaan Air Tanah. Pena Indis. Yogyakarta.
- Defri, Y.W., Julinda, S., Syarifah, H., & Feni, I. (2019). Kelimpahan mikroplastik pada perairan di Banyu Oerip, Gresik, Jawa Timur.
- Dehaut, A., Cassone, A. L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., & Paul-Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, 215, 223-233.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 9(12), e111913
- Eubeler, J. P., Zok, S., Bernhard, M., & Knepper, T. P. (2009). Environmental biodegradation of synthetic polymers I. Test Methodologies and Procedures. *TrAC Trends Anal Chem*, 28 (9), 1057-1072.
- Firdaus, M., Trihadiningrum, Y., & Lestari, P. (2019). Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 1 – 9.

- Frias, J. P. G. L. & Nash R. 2019. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145 – 147.
- GESAMP. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. Kershaw, P. J., ed.
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kıdeyş, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental pollution*, 223, 286-294.
- Hajatul, W. I. (2021). Analisis kandungan mikroplastik di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Padang (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Haward, M. (2018). Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary challenge in ocean governance. *Nature communications*, 9(1), 1-3.
- Haz, F. L. (2018). Studi toksisitas air Sampah (Lindi) di IPAL TPST Piyungan menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity* (WET) dengan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).
- He, P., Chen, L., Shao, L., Zhang, H., & Lü, F. (2019). Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics?-Evidence of microplastics in landfill leachate. *Water research*, 159, 38-45.
- Hidalgo, 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 & technology*, 46(6), 3060-3075.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 5(2), 165-171
- Hongprasith, N., Kittimethawong, C., Lertluksanaporn, R., Eamchotchawalit, T., Kittipongvises, S., & Lohwacharin, J. (2020). IR microspectroscopic identification of microplastics in municipal wastewater treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18557–18564.
- Hossain, M. S., Santhanam, A., Norulaini, N. N., & Omar, A. M. (2011). Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment—A review. *Waste management*, 31(4), 754-766.
- Iyare, P. U., Ouki, S. K., & Bond, T. (2020). Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 6(10), 2664-2675.
- Jambeck, J.R., R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, & K. L. Law. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768 – 771.
- Kaiser, D., Kowalski, N., & Waniek, J. J. (2017). Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics. *Environmental research letters*, 12(12), 124003.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019). Statistik lingkungan hidup dan kehutanan 2018. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan: Jakarta, Indonesia.
- Krishna, I. M., Manickam, V., Shah, A., & Davergave, N. (2017). *Environmental management: science and engineering for industry*. Butterworth-Heinemann.
- Klein, S., Dimzon I. K., Eubeler J., & Knepper T.P. (2018). Analysis, occurrence, and degradation of microplastics in the aqueous environment freshwater microplastics. *The Handbook of Environmental Chemistry*, 58, 51-67. Wagner M., Lambert S. (Ed). Springer, Cham
- Kilponen, J. (2016). Microplastics and harmful substances in urban runoffs and landfill leachates. In Possible Emission Sourcer to Marine Environment. Lathi University.

- Kooi, M., Van Nes, E. H., Scheffer, M., & Koelmans, A. A. (2017). Ups and Downs in the Ocean: Effects of Biofouling on Vertical Transport of Microplastics. *Environmental Science and Technology*, 51(14), 7963–7971.
- Kosuth, M., Mason, S. A., & Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *Plos One*, 13(4), e0194970.
- Kuasa, S. (2018). Keberadaan mikroplastik pada hewan filter feeder di Padang Lamun Kepulauan Spermonde kota Makasar. *Skripsi. Makasar*. UHM.
- Kurniawan, A. (2014). Rancang bangun unit sedimentasi rectangular pada instalasi pengolahan air limbah.
- Lambert, S., & Wagner, M. (2018). Microplastics are contaminants of emerging concern in freshwater environments: an overview. Department of Biology (NTNU) Trondheim. Norway.
- Law, K. L. (2017). Plastics in the marine environment. *Annual review of marine science*, 9, 205-229.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B. A., Yunus, K. A., & Firdaus, M. (2020). Distribution of microplastics in Surabaya 67 River, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 726, 238560.
- Liebezeit, G. & Dubaish, F. (2012). Microplastics in beaches of the East Frisian island Spiekeroog and Fachelotplate. *Bull Environ Contam Toxicol*, 89, 213 – 217.
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO.
- Lusher, A. L., Tirelli, V., O'Connor, I., & Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific reports*, 5(1), 1-9
- Maratusholihah, M., Trihadiningrum, Y., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada IPAM Karangpilang III Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), C154-C160
- Mardiyana, M., & Kristiningsih, A. (2020). Dampak pencemaran mikroplastik di ekosistem laut terhadap zooplankton. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(1), 29-36.
- Martin, L. A., Mulholland, P. J., Webster, J. R., & Valett, H. M. (2001). Denitrification potential in sediments of headwater streams in the southern Appalachian Mountains, USA. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(4), 505–519.
- Masura, J., Baker, J. E., Foster, G., Arthur, C., dan Herring, C. (2015). Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, NOAA Marine Debris Program.
- McBean, E. A. (1995). Solid waste landfill engineering and design.
- Mubin, F., Binilang, A., (2016). Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Sipil Statistk*, 4(3), 211–223.
- NOAA, N. (2013). Programmatic environmental assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP).
- Nolanda, D. A. (2019). Identifikasi keberadaan dan bentuk mikroplastik pada perairan Sungai Code D.I. Yogyakarta.
- Nugraha, A., & Ardin, M. B. (2018). Penerapan material PVDF dengan polarisasi permukaan sebagai sensor gaya. In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 1(1).
- Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M., & Li, D. (2017). Microplastic in freshwater River sediments in Shanghai, study of risk assesment in Mega Cities. *Environmental Pollution*, 234, 448-456.

- Permana, T. J., & Trihadiningrum, Y. (2010). Kajian pengadaan dan penerapan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di TPA Km 14 Kota Palangka Raya. In *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI*.
- Prinanda, A. D., Istirokhatun, T., & Praharyawan, S. (2017). Pemanfaatan air lindi TPA Jatibarang sebagai media alternatif kultivasi mikroalga untuk perolehan lipid (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Putri, F. P. (2020). Analisis jenis mikroplastik dalam material hasil landfill mining dan sedimen sungai (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Rahmadhani F. (2019). Identifikasi dan analisis kandungan mikroplastik pada Ikan Pelagis dan Demersal serta sedimen dan air laut di perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya.
- Renou, S., Givaudan, J. G., Poulain, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of hazardous materials*, 150(3), 468-493.
- Rini, T. S., Kusuma, M. N., Pratiknyo, Y. B., & Purwaningrum, S. W. (2020). Kajian potensi gas rumah kaca dari sektor sampah di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Randegan, Kota Mojokerto. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 97-107.
- Rizqi, P. A. (2019). Identifikasi keberadaan mikroplastik pada ikan di perairan Sungai Code Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Rizqia, L. Z., & Slamet, A. (2021). Perencanaan revitalisasi Instalasi Pengolahan Air Lindi (IPL) TPA Gunung Panggung, Kabupaten Tuban. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), C86-C91.
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., ... & Teh, S. J. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific reports*, 5(1), 1-10.
- Sari, E. K., & Lucyana, L. (2021). Evaluasi instalasi pengolahan air lindi di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Simpang Kandis Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 33-41.
- Septian, F.M., Purba, N.P., Agung, M.U.K., Yuliadi, L.P.S., Akuan, L.F., & Mulyani, P.G., (2018). Sebaran spasial mikroplastik di sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *J. Geomaritim Indonesia*. 1, 1-8.
- Safria, P., & Perdana, A. (2022). Evaluasi dan optimalisasi instalasi pengolahan lindi di TPK Sarimukti. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(1), 11-22.
- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., Loosdrecht, M. C. M. V., & Ni, B. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: detection, occurrence, and removal. *Water Research*. 152, 21 – 37.
- SNI 19-2454-2002 Tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan.
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Jung, S. W., & Shim, W. J. (2017). Combined effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation by polymer type. *Environmental Science And Technology*. 51, 4368 – 4376.
- Storck, F. R., Kools, S. A., & Rinck-Pfeiffer, S. (2015). Microplastics in fresh water resources. *Global Water Research Coalition, Stirling, South Australia, Australia*.
- Tchobanoglous, G. (1993). Integrated solid waste management. McGraw-Hill. New York.
- Tongkukut, S. H. J., As'ari, A., Bobanto, M. D., Suoth, V., & Viola, T. (2019). Identifikasi Akuifer Di Lahan Pembangunan Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Di Desa Ilo-Ilo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal MIPA*, 8(3), 177.
- Townsend, T. G., Powell, J., Jain, P., Xu, Q., Tolaymat, T., & Reinhart, D. (2015). Sustainable practices for landfill design and operation. Springer.

- Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C. R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., & Devriese, L. (2015). A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research*, *143*, 46-55.
- Velzeboer, I., Kwadijk, C. J. A. F., & Koelmans, A. A. (2014). Strong sorption of PCBs to nanoplastics, microplastics, carbon nanotubes, and fullerenes. *Environmental science & technology*, *48*(9), 4869-4876.
- Viršek, K. 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).
- Watkins, L., McGrattan, S., Sullivan, P. J., & Walter, M. T. (2019). The effect of dams on river transport of microplastic pollution. *Science of the Total Environment*, *664*, 834-840.
- Wati, R. I. (2020). Uji kemampuan biodegradasi sampah plastik polyethylene (PE) oleh bakteri pendegradasi plastik yang diisolasi dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon Sidoarjo (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Widianarko, Y. B., & Hantoro, I. (2018). Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa.
- Wijaya, B. A., & Trihadiningrum, Y. (2020). Pencemaran meso-dan mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*, *8*(2), G211-G216.
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro issue?. *Environmental science & technology*, *51*(12), 6634-6647.
- Zhang, K., Gong, W. L. J., Xiong, X., Wu, C. (2015). Accumulation of floating microplastics behind the three Gorges Dam. *Environ Pollut*, *204*, 117-123
- Zhang, Z., Su, Y., Zhu, J., Shi, J., Huang, H., & Xie, B. (2021). Distribution and removal characteristics of microplastics in different processes of the leachate treatment system. *Waste Management*, *120*, 240-247.

LAMPIRAN 1.
CONTOH PERHITUNGAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK

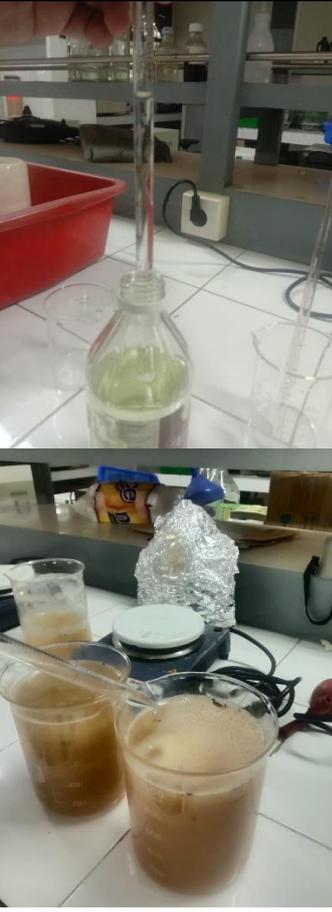
Kelimpahan mikroplastik dapat dihitung dengan membagi jumlah partikel dengan volume air sampel. Sebagai contoh pada kelimpahan mikroplastik pada bak inlet IPL. Pertama adalah menghitung volume air yang digunakan yaitu 2,5 L air lindi. Jumlah partikel mikroplastik pada bak inlet adalah 21 partikel. Maka didapatkan kelimpahan mikroplastik pada bak inlet yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kelimpahan Mikroplastik} &= \text{Jumlah partikel} : \text{Volume air tersaring} \\ &= 21 \text{ partikel} : 2,5 \text{ L} \\ &= 8,4 \text{ partikel/L}\end{aligned}$$

LAMPIRAN 2.
DOKUMENTASI PROSEDUR PENELITIAN

Tabel A. 1 Ekstraksi Sampel Air Lindi

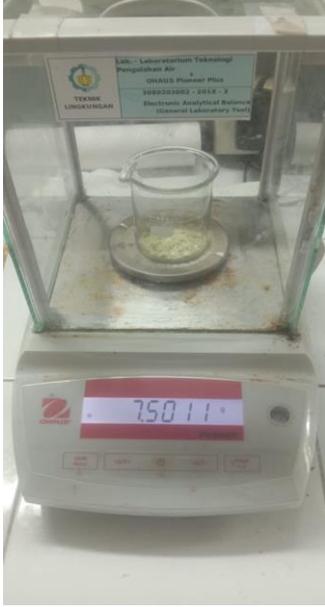
No	Kegiatan	Gambar
1.	Memasukkan sampel 2,5 L ke dalam 3 gelas beaker 1 L masing-masing 1000mL, 1000mL, dan 500mL	
2.	Menambahkan H ₂ O ₂ 30% ke dalam masing-masing gelas beaker sebanyak 20mL untuk yang berukuran 1 L dan 10 mL untuk yang berukuran 500 mL.	

No	Kegiatan	Gambar
		
3.	Menambahkan Fe(II)SO_4 ke dalam gelas beaker sebanyak 20mL untuk yang berukuran 1 L dan 10 mL untuk yang berukuran 500 MI	

No	Kegiatan	Gambar
4.	Memanaskan <i>hot magnetic stirrer</i> hingga mencapai suhu 75°C	
5.	Memasukkan <i>stirbar</i> ke dalam beaker glass	
6.	Memanaskan campuran selama 30 – 45 menit dengan kecepatan 300 rpm	

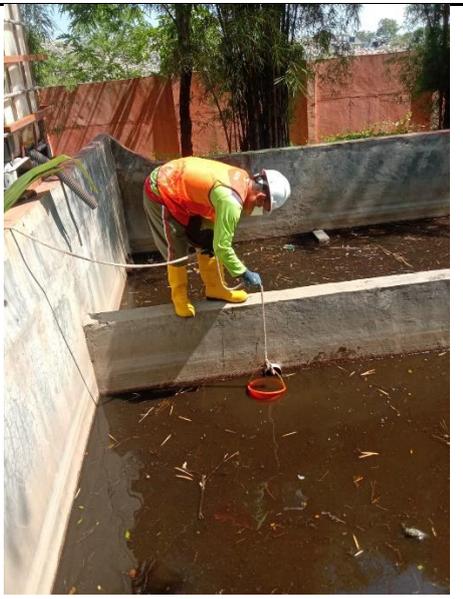
No	Kegiatan	Gambar
		
7.	Mendiamkan sampel hingga endapan mengendap	

Tabel A. 2 Prosedur Pembuatan FeSO₄

No	Kegiatan	Gambar
1.	Menimbang Iron (II) Sulfat sebanyak 7,5 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beaker	

No	Kegiatan	Gambar
2.	Menambahkan akuades ke dalam gelas beaker 100mL sampai dengan 100mL	
3.	Menambahkan H ₂ SO ₄ pekat sebanyak 3mL ke dalam labu ukur.	
4.	Menambahkan akuades hingga 500mL ke dalam labu ukur dan mengocoknya hingga larut.	

Tabel A. 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel

No	Titik Sampling	Gambar
1.	Inlet	
2.	Ekualisasi	

No	Titik Sampling	Gambar
3.	Aerasi	
4.	BP 1	
5.	BP 2A	

No	Titik Sampling	Gambar
6.	BP 2B	
7.	BP 3	

No	Titik Sampling	Gambar
8.	Outlet	
9.	Efluen	



Gambar A. 1 Dokumentasi Sampling pada hari Minggu, 13 Maret 2022

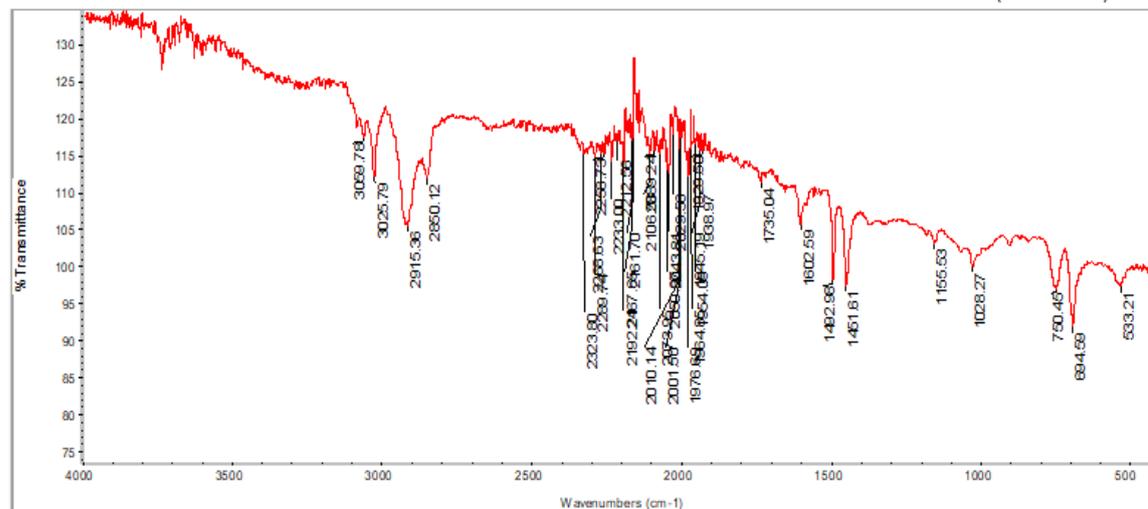


Gambar A. 2 Dokumentasi Sampling pada hari Minggu, 20 Maret 2022

LAMPIRAN 3. HASIL FTIR

Title: Inlet 1-Q

Fri Jun 17 13:05:02 2022 (GMT+07:00)

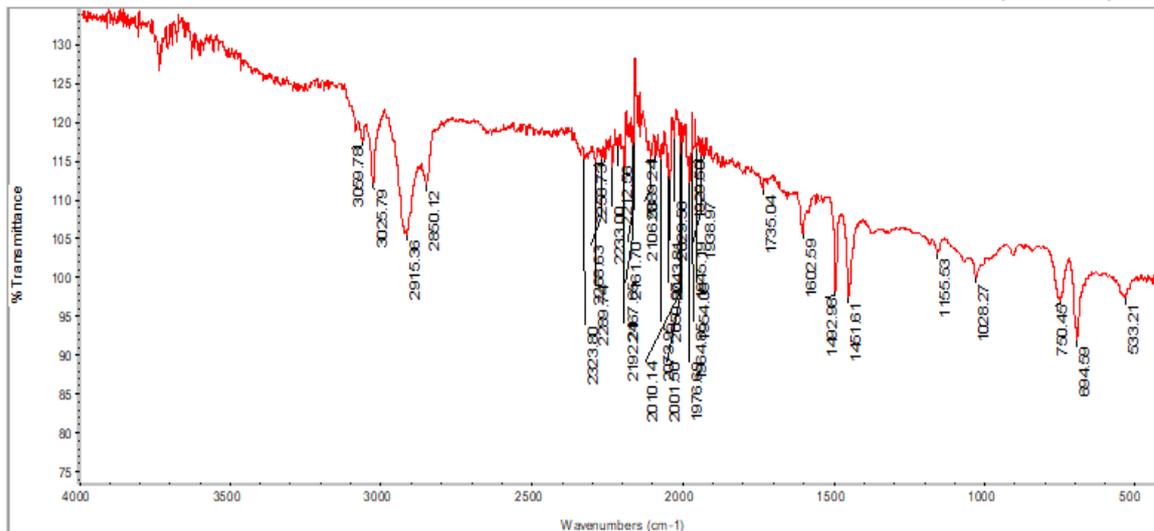


Collection time: Fri Jun 10 08:24:57 2022 (GMT+07:00)

Spectrum: Inlet 1-Q
Region: 3998.68-400.16
Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
361	61.82	Poly(styrene:4-hydroxystyrene:divinylbenzene)	HR Hummel Polymer and Additives
362	59.55	Poly(styrene:4-methoxystyrene:divinylbenzene)	HR Hummel Polymer and Additives
647	58.27	Poly(styrene), atactic	HR Hummel Polymer and Additives
363	57.09	Poly(styrene:4-acetoxystyrene:divinylbenzene)	HR Hummel Polymer and Additives
215	56.49	Poly(3-aminophenylacetylene)	HR Hummel Polymer and Additives
1053	56.00	Poly(1-chloro-2-phenylacetylene)	HR Hummel Polymer and Additives
678	55.19	Poly(styrene), 30mol% a-chlorinated	HR Hummel Polymer and Additives
652	54.57	Poly(phenylacetylene)	HR Hummel Polymer and Additives
220	54.08	Poly(styrene:vinyl alcohol)	HR Hummel Polymer and Additives
734	53.46	Poly(1-phenylethylisocyanide)	HR Hummel Polymer and Additives

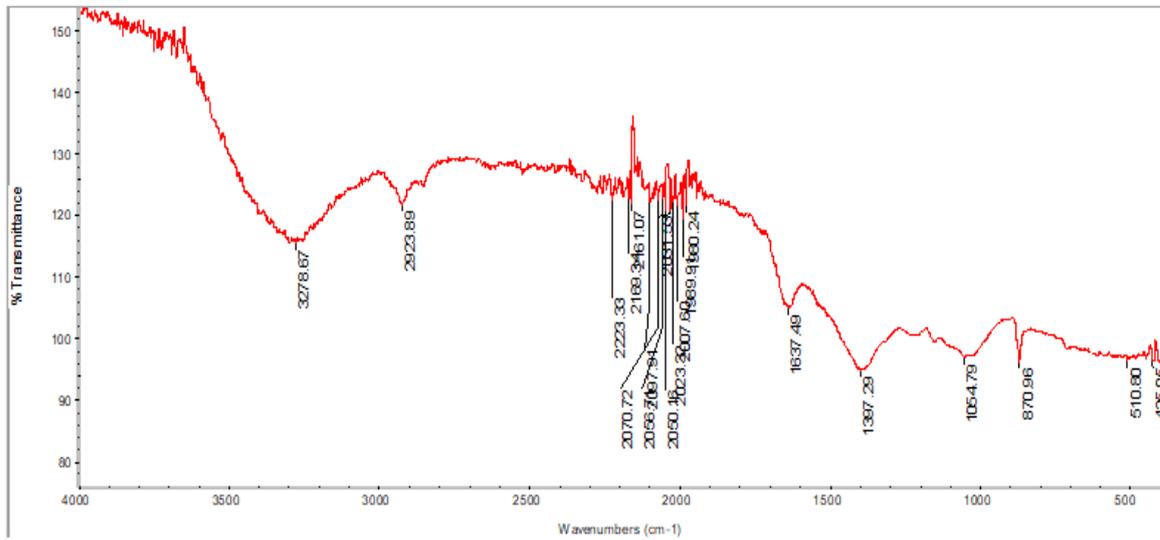


Collection time: Fri Jun 10 08:24:57 2022 (GMT+07:0)

P1 Jun 17 13:16:02 2022 (GMT+07:00)
 P100-00000
 ScanRate 1600
 Resolution 4.00
 SlewRate 10.00
 Peak List
 PeakNo PeakPos PeakHeight
 1 3066.718 100.00
 2 3025.79 100.00
 3 2915.36 100.00
 4 2850.12 100.00
 5 2323.80 100.00
 6 2280.30 100.00
 7 2192.24 100.00
 8 2167.70 100.00
 9 2106.30 100.00
 10 2010.14 100.00
 11 2001.50 100.00
 12 1976.86 100.00
 13 1864.16 100.00
 14 1854.09 100.00
 15 1838.87 100.00
 16 1735.04 100.00
 17 1602.59 100.00
 18 1492.98 100.00
 19 1451.61 100.00
 20 1155.63 100.00
 21 1028.27 100.00
 22 750.49 100.00
 23 684.69 100.00
 24 533.21 100.00

Spectrum: Inlet 1-Q
 Region: 3998.68-400.16
 Search type: Correlation

Index	Match	Compound name	Library
361	61.82	Poly(styrene-4-hydroxystyrene:divinylbenzene)	HR Hummel Polymer and Additives
362	59.55	Poly(styrene-4-methoxystyrene:divinylbenzene)	HR Hummel Polymer and Additives
647	58.27	Poly(styrene), atactic	HR Hummel Polymer and Additives
363	57.09	Poly(styrene-4-acetoxystyrene:divinylbenzene)	HR Hummel Polymer and Additives
215	56.49	Poly(3-aminophenylacetylene)	HR Hummel Polymer and Additives
1053	56.00	Poly(1-chloro-2-phenylacetylene)	HR Hummel Polymer and Additives
678	55.19	Poly(styrene), 30mol% a-chlorinated	HR Hummel Polymer and Additives
652	54.57	Poly(phenylacetylene)	HR Hummel Polymer and Additives
220	54.08	Poly(styrene:vinyl alcohol)	HR Hummel Polymer and Additives
734	53.46	Poly(1-phenylethylisocyanide)	HR Hummel Polymer and Additives



Collection time: Fri Jun 10 08:04:25 2022 (GMT+07:00)

Spectrum: Inlet 1-B
 Region: 3998.68-400.16
 Search type: Correlation
 Hit List:

Fri Jun 17 12:10:38 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS

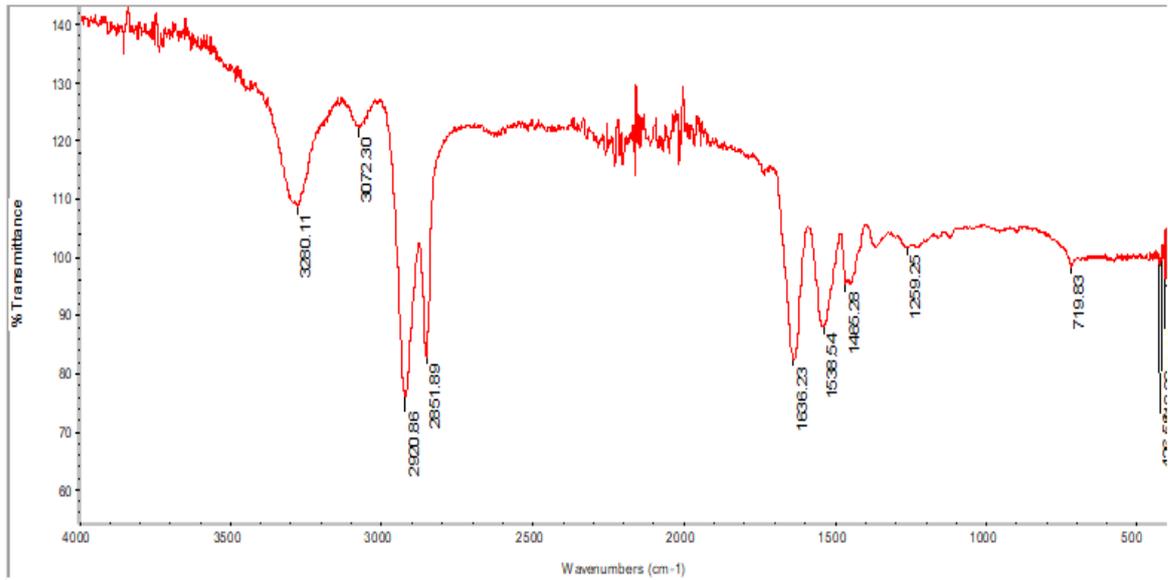
Spectrum: Inlet 1-B
 Region: 4000.00
 Absolute threshold: 0.0000
 Sensitivity: 5.0

Peak list:

Position	Intensity
425.05	46.059
510.80	46.129
870.96	46.916
1054.79	47.732
1367.29	48.717
1637.49	104.626
1949.91	121.202
1989.91	119.015
2027.62	121.238
2023.32	121.909
2071.52	120.776
2050.16	120.525
2056.71	122.376
2070.72	122.107
2087.91	121.885
2141.07	121.528
2169.24	122.449
2223.32	122.267
2463.66	121.540
3278.67	115.259

Index	Match	Compound name
37	22.43	Poly(vinylidene fluoride)
1966	20.67	2'-Acetonaphthone
1762	19.98	Ammonium bromide
1763	19.81	Ammonium iodide
1949	19.69	2-Thienoyl fluoroacetone
1681	19.32	Tetrahydropyran
1331	19.27	Benzotrichloride
1415	18.97	1,2-Epoxy-5,9-cyclododecadiene
1630	18.08	Morpholine.HCl
1435	18.03	Ammonium chloride

Library
HR Hummel Polymer and Additives



Collection time: Fri Jun 10 08:49:14 2022 (GMT+07:01)

Fri Jun 17 10:49:28 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: Ekalualisasi No 2-A
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 111.805
 Sensitivity: 50
 Peak list:
 Position: 405.60 Intensity: 96.683
 Position: 410.98 Intensity: 97.612
 Position: 418.38 Intensity: 99.219
 Position: 428.58 Intensity: 98.358
 Position: 719.83 Intensity: 97.941
 Position: 1259.25 Intensity: 101.455
 Position: 1485.28 Intensity: 96.148
 Position: 1538.54 Intensity: 87.568
 Position: 1636.23 Intensity: 81.977
 Position: 2851.89 Intensity: 82.551
 Position: 2920.86 Intensity: 75.694
 Position: 3280.11 Intensity: 108.441

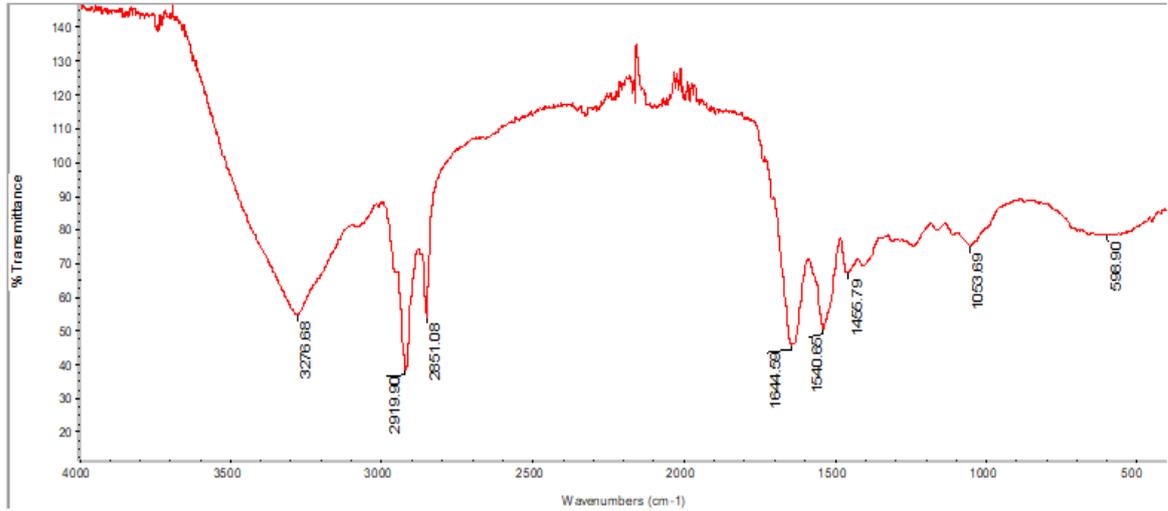
Spectrum: E kalualisasi No.2-A

Region: 3998.68-400.16

Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
498	75.88	Poly(ethylene:1-butene), 86 mol% C2	HR Hummel Polymer and Additives
1028	75.67	Vestamid L1600	HR Hummel Polymer and Additives
722	75.59	Polyamide-12	HR Hummel Polymer and Additives
515	75.58	Polyamide-11	HR Hummel Polymer and Additives
1000	75.49	Grilamid L20 G	HR Hummel Polymer and Additives
999	73.54	Grilamid E LY60	HR Hummel Polymer and Additives
1022	73.40	Vestamid E62M-S3	HR Hummel Polymer and Additives
586	73.33	Poly(1-hexadecene), isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
579	72.92	Poly(1-dodecene), isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
563	72.74	Poly(1-tetradecene), isotactic	HR Hummel Polymer and Additives



Collection time: Fri Jun 10 09:09:23 2022 (GMT+07:01)

Fri Jun 17 11:37:06 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: Ekalualisasi No.2-N

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 92.136

Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity
598.90	77.784
1053.69	74.692
1455.79	66.710
1540.65	49.764
1644.59	45.310
1640.65	45.310
2851.08	53.561
2919.90	37.850
3276.68	54.237

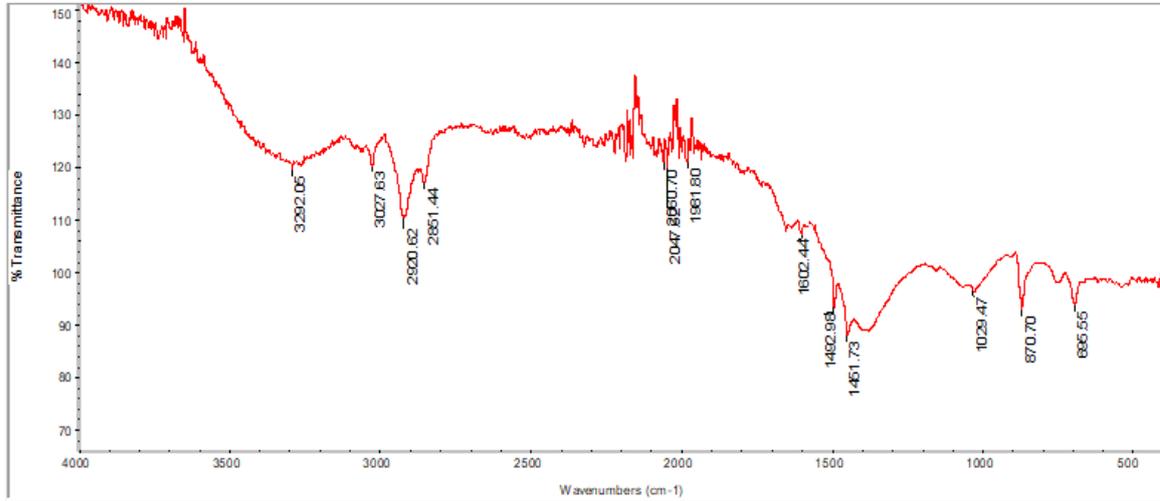
Spectrum: E kalualisasi No.2-N

Region: 3998.68-400.16

Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
491	78.83	Poly(ethylene:4-methyl-1-pentene), 77% E	HR Hummel Polymer and Additives
1028	78.60	Vestamid L1600	HR Hummel Polymer and Additives
328	78.09	Poly(ethylene:propylene:diene)	HR Hummel Polymer and Additives
722	77.46	Polyamide-12	HR Hummel Polymer and Additives
563	77.03	Poly(1-tetradecene), isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
999	77.02	Grilamid E LY60	HR Hummel Polymer and Additives
337	76.60	Poly(ethylene:propylene:ethylideneboronene)	HR Hummel Polymer and Additives
795	76.52	Coconut oil ethanolamide	HR Hummel Polymer and Additives
1000	76.48	Grilamid L20 G	HR Hummel Polymer and Additives
498	76.41	Poly(ethylene:1-butene), 86 mol% C2	HR Hummel Polymer and Additives



Collection time: Fri Jun 10 10:21:45 2022 (GMT+07:00)

Fri Jun 17 07:22:18 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

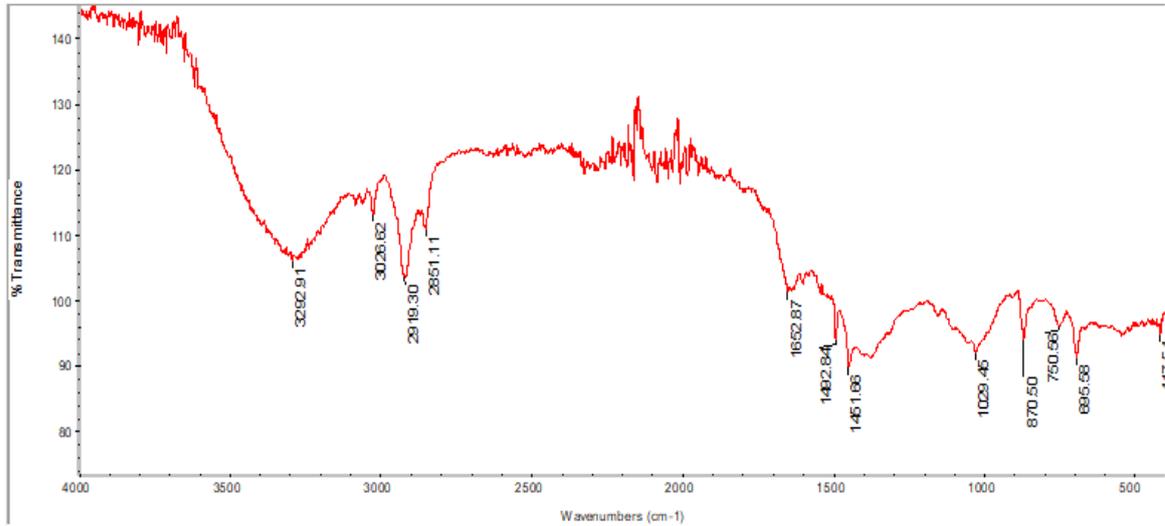
Spectrum: Aerasi-K
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 120.980
 Sensitivity: 50

Peak list:
 Position: 695.55 Intensity: 93.398
 Position: 870.70 Intensity: 92.752
 Position: 1029.47 Intensity: 96.051
 Position: 1451.73 Intensity: 87.823
 Position: 1492.98 Intensity: 93.056
 Position: 1602.44 Intensity: 107.081
 Position: 1981.80 Intensity: 120.832
 Position: 2047.62 Intensity: 119.826
 Position: 2060.70 Intensity: 120.681
 Position: 2851.44 Intensity: 116.806
 Position: 2920.62 Intensity: 110.309
 Position: 3027.63 Intensity: 120.241
 Position: 3292.05 Intensity: 119.463

Spectrum: Aerasi-K
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
46	51.65	POLY(STYRENE), ATACTIC	Hummel Polymer Sample Library
47	50.83	POLY(STYRENE:VINYLIDENE CHLORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
37	33.85	AROMATIC HYDROCARBON RESIN	Hummel Polymer Sample Library
42	31.70	POLY(STYRENE:ACRYLONITRILE:MMA)	Hummel Polymer Sample Library
9	28.69	POLY(STYRENE:4-VINYLPYRIDINE)	Hummel Polymer Sample Library
21	26.16	POLY(ACRYLONITRILE)	Hummel Polymer Sample Library
5	19.84	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
18	14.36	POLY(ARYL ETHER)	Hummel Polymer Sample Library
40	11.49	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
50	11.09	POLY(VINYLTOLUENE: BUTADIENE)	Hummel Polymer Sample Library



Collection time: Fri Jun 10 10:22:30 2022 (GMT+07:00)

Fri Jun 17 07:24:15 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: Aerasi-L

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 117.320

Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity	Index
417.54	94.590	46
695.58	91.194	47
750.56	96.940	42
870.50	93.870	37
1029.45	91.885	9
1451.86	89.611	21
1492.84	93.762	40
1652.87	101.131	18
2851.11	110.784	8
2919.30	103.395	5
3026.62	112.973	
3292.91	105.883	

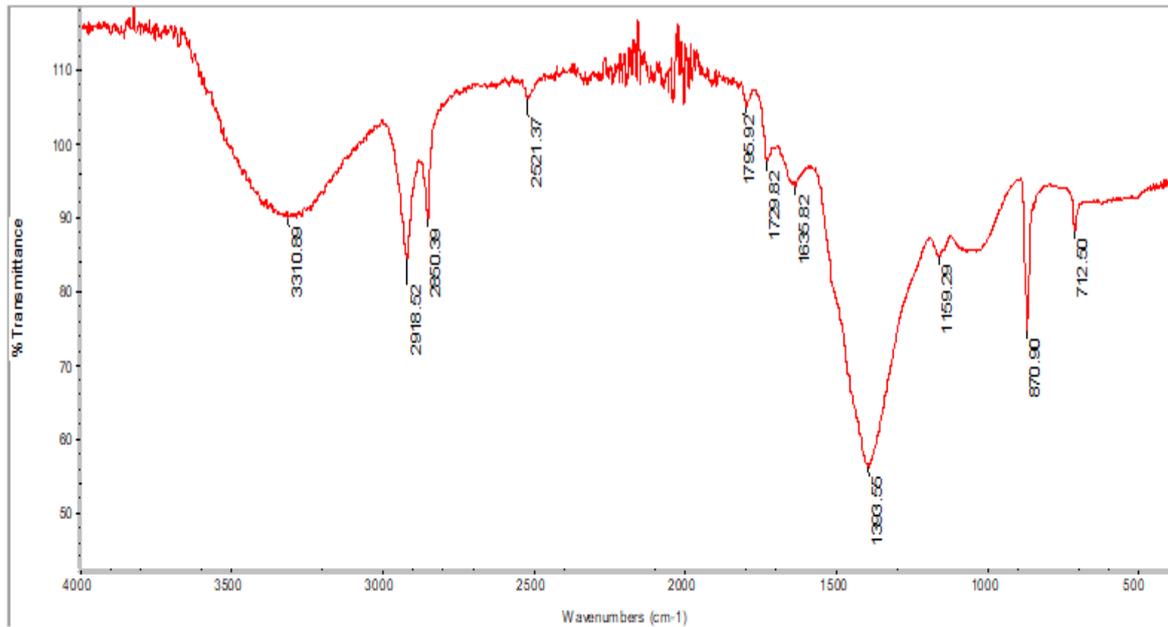
Spectrum: Aerasi-L
Region: 3995.85-455.13
Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
46	57.03	POLY(STYRENE), ATACTIC	Hummel Polymer Sample Library
47	56.47	POLY(STYRENE:VINYLIDENE CHLORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
42	33.10	POLY(STYRENE:ACRYLONITRILE:MMA)	Hummel Polymer Sample Library
37	33.07	AROMATIC HYDROCARBON RESIN	Hummel Polymer Sample Library
9	32.31	POLY(STYRENE:4-VINYLPYRIDINE)	Hummel Polymer Sample Library
21	24.32	POLY(ACRYLONITRILE)	Hummel Polymer Sample Library
40	24.14	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
18	22.39	POLY(ARYLETHER)	Hummel Polymer Sample Library
8	19.70	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
5	17.92	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library

Title: BP 1 No. 4

Mon Apr 25 06:48:52 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Mon Apr 25 06:47:27 2022 (GMT+07:00)

Mon Apr 25 06:48:24 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

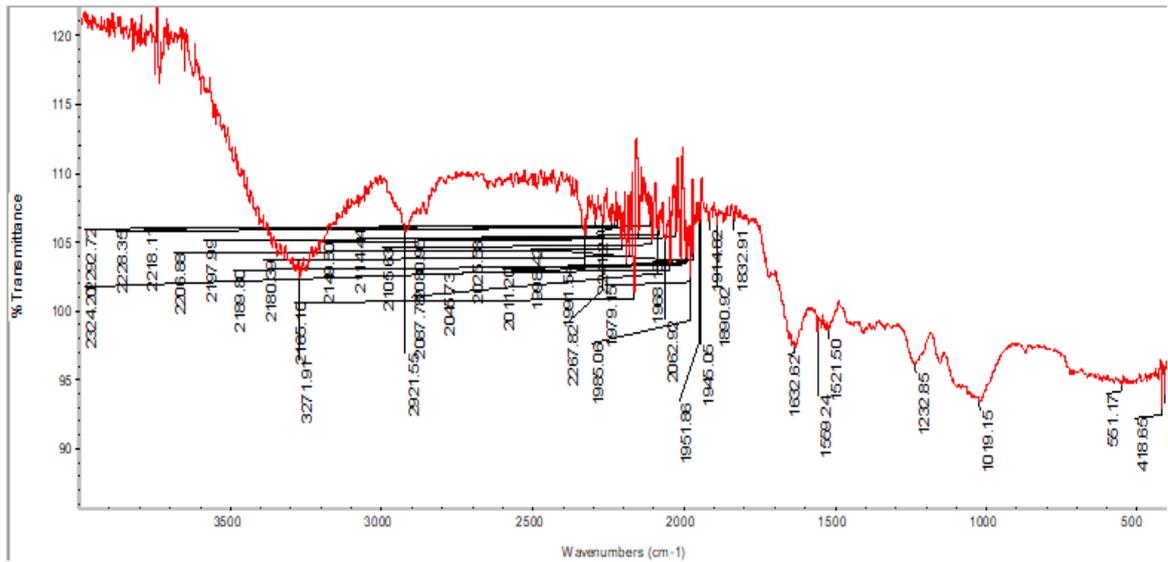
Spectrum: BP 1 No. 4
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 104.920
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity
712.50	88.089
870.90	74.559
1159.29	84.603
1393.55	55.847
1635.82	94.010
1795.92	104.840
2850.39	89.565
2918.52	84.101
3310.89	89.786

Spectrum: BP 1 No. 4
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation
 Hit List

Index	Match	Compound name	Library
18213	59.36	Calcium carbonate, 99.995+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
8167	50.75	2,3-Diaminonaphthalene, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
15410	49.25	1,2-Cyclohexanedione dioxime, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
8070	45.19	4,5-Dimethyl-1,2-phenylenediamine, 99%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
130	44.01	PENCILLIN G POTASSIUM KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
491	43.40	Poly(ethylene-4-methyl-1-pentene), 77% E	HR Hummel Polymer and Additives
18210	43.23	Lithium carbonate, 99.997%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
454	43.08	Calcium carbonate	HR Nicolet Sampler Library
18244	42.69	Aluminum nitrate nonahydrate, 98+%, A.C.	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		S. reagent	
47	42.63	Apiezon M	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II



Collection time: Fri Jun 10 14:34:48 2022 (GMT+07:00)

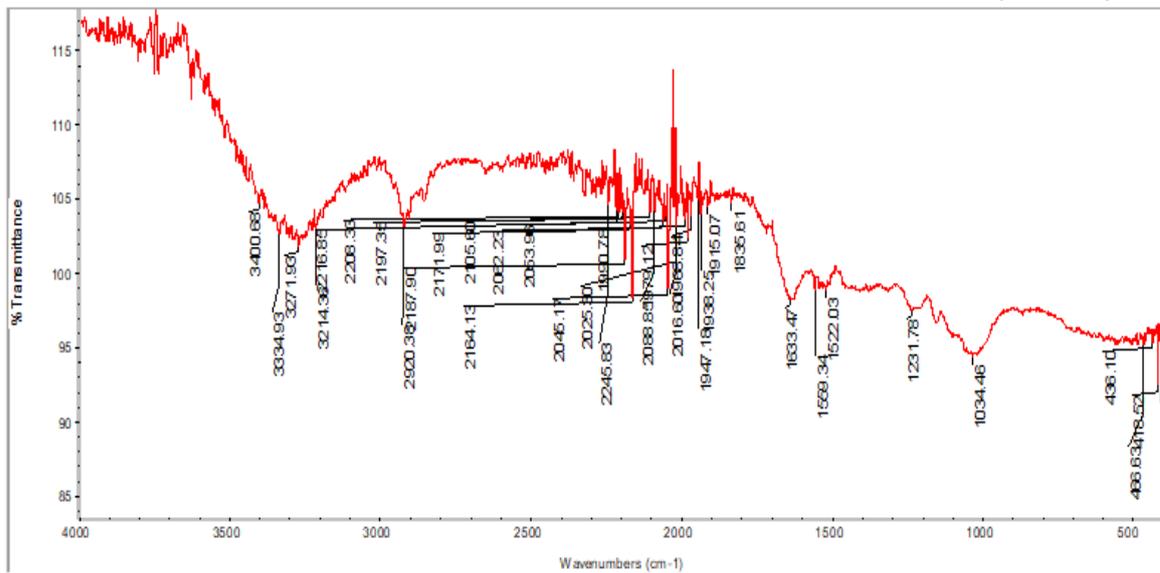
Spectrum: BP 1-D
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

Peak List

Peak No	Wavenumber (cm-1)	Intensity
1	3271.91	100
2	2924.20	100
3	2922.71	100
4	2828.36	100
5	2218.11	100
6	2206.88	100
7	2187.96	100
8	2189.84	100
9	2180.34	100
10	2166.14	100
11	2148.33	100
12	2114.44	100
13	2105.63	100
14	2021.55	100
15	2087.78	100
16	2030.84	100
17	2048.73	100
18	2029.38	100
19	2011.24	100
20	1985.09	100
21	1979.87	100
22	1961.15	100
23	1951.86	100
24	1945.05	100
25	1890.92	100
26	1844.66	100
27	1832.91	100
28	1632.62	100
29	1568.24	100
30	1521.50	100
31	1232.85	100
32	1019.15	100
33	551.17	100
34	418.64	100

Hit List

Index	Match	Compound name	Library
40	40.73	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
8	34.93	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
52	30.06	POLYCARBONATE	Hummel Polymer Sample Library
28	29.03	POLYAMIDE 6 + POLYAMIDE 6,6	Hummel Polymer Sample Library
1	27.40	POLYAMIDE 6	Hummel Polymer Sample Library
2	23.74	CYANOQUANIDINE, SUBSTITUTED	Hummel Polymer Sample Library
29	21.94	POLY(VINYL ACETATE ETHYLENE) 4:1	Hummel Polymer Sample Library
31	21.76	POLY(VINYL ACETATE ETHYLENE) 3:1	Hummel Polymer Sample Library
9	18.23	POLY(STYRENE-4-VINYLPYRIDINE)	Hummel Polymer Sample Library
18	17.86	POLY(ARYLEETHER)	Hummel Polymer Sample Library



Collection time: Fri Jun 10 14:35:27 2022 (GMT+07:00)

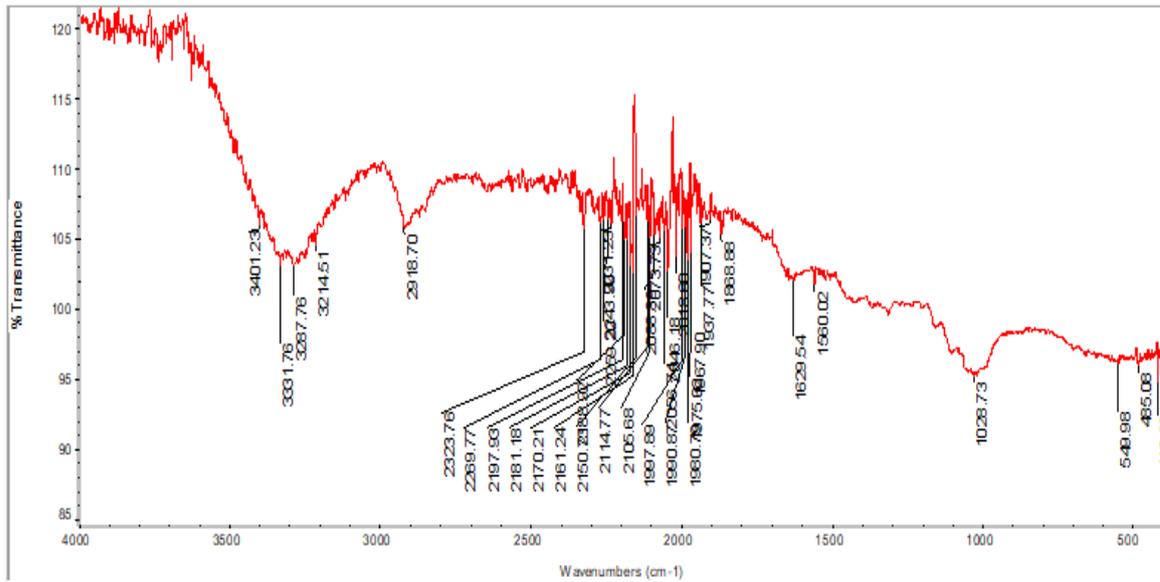
Spectrum: BP 1-E
 Region: 3995.85-465.13
 Search type: Correlation
 Hit List:

File: C:\Users\user\Desktop\BP 1-E
 Name: BP 1-E
 Sample Name: BP 1-E
 Path: C:\Users\user\Desktop\BP 1-E

Index	Match	Compound name	Library
40	45.82	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
8	39.35	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
28	31.37	POLYAMIDE 6 + POLYAMIDE 6,6	Hummel Polymer Sample Library
1	30.92	POLYAMIDE 6	Hummel Polymer Sample Library
52	24.97	POLYCARBONATE	Hummel Polymer Sample Library
2	19.20	CYANOQUANIDINE, SUBSTITUTED	Hummel Polymer Sample Library
22	14.98	POLYETHERURETHANE	Hummel Polymer Sample Library
45	14.81	POLY(TETRAFLUOROETHYLENE:PROPENE)	Hummel Polymer Sample Library
31	14.71	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 3:1	Hummel Polymer Sample Library
29	14.61	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 4:1	Hummel Polymer Sample Library

Title: BP 1-F

Fri Jun 17 09:10:30 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Fri Jun 10 14:36:16 2022 (GMT+07:00)

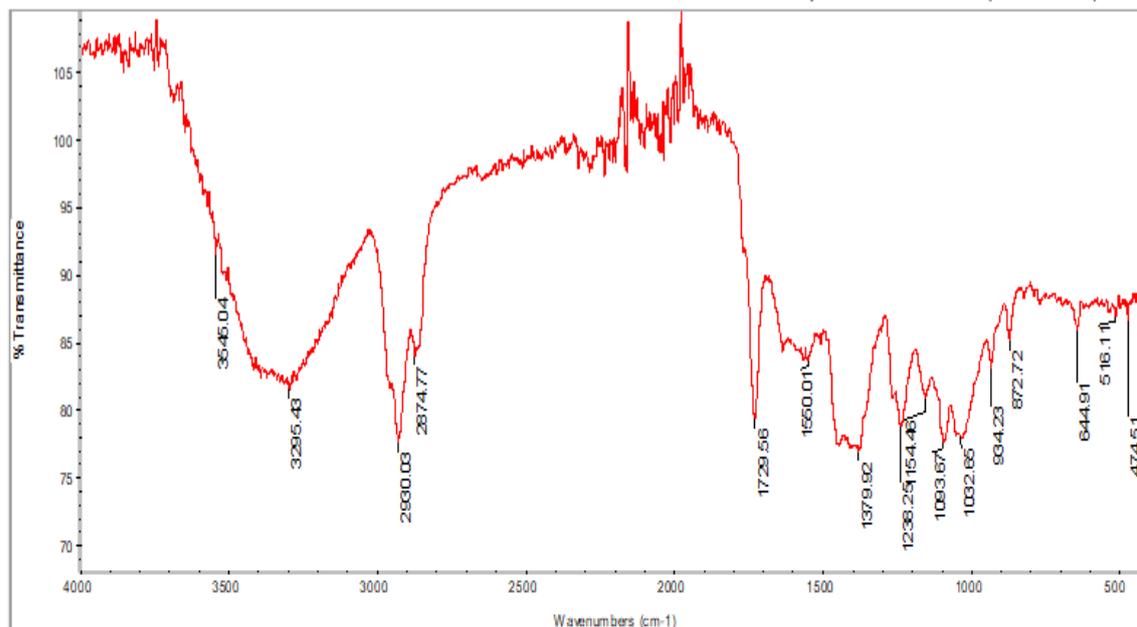
Spectrum: BP 1-F
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

File: BP 1-F
 Date: 2022-06-17
 Time: 09:10:30
 Path: ...

Index	Match	Compound name	Library
40	55.72	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
8	50.53	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
45	20.46	POLY(TETRAFLUOROETHYLENE-PROPENE)	Hummel Polymer Sample Library
33	18.49	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE-C3F6)	Hummel Polymer Sample Library
23	16.87	POLY(DIMETHYLSILOXANE)	Hummel Polymer Sample Library
6	14.27	POLY(VINYL BUTYRAL)	Hummel Polymer Sample Library
47	13.48	POLY(STYRENE-VINYLIDENE CHLORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
18	13.15	POLY(ARYL ETHER)	Hummel Polymer Sample Library
52	11.81	POLYCARBONATE	Hummel Polymer Sample Library
24	11.71	POLY(METHYLPHENYLSILOXANE)	Hummel Polymer Sample Library

Title: BP 2A N0.5

Fri Apr 22 15:01:59 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Fri Apr 22 15:00:44 2022 (GMT+07:0)

Fri Apr 22 15:01:16 2022 (GMT+07:00)

RIND FWALS

Spectrum: BP 2A N0.5

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 0.105

Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity
455.71	66.24
456.62	67.71
474.51	66.01
516.11	66.89
644.91	65.76
872.72	65.87
924.22	65.88
1032.65	77.89
1063.67	77.91
1154.46	69.87
1246.25	76.73
1379.92	76.87
1560.01	65.86
1729.56	79.35
2874.77	65.88
2930.03	77.93
3295.43	61.94
3645.04	91.95

Spectrum: BP 2A N0.5

Region: 3495.28-455.13

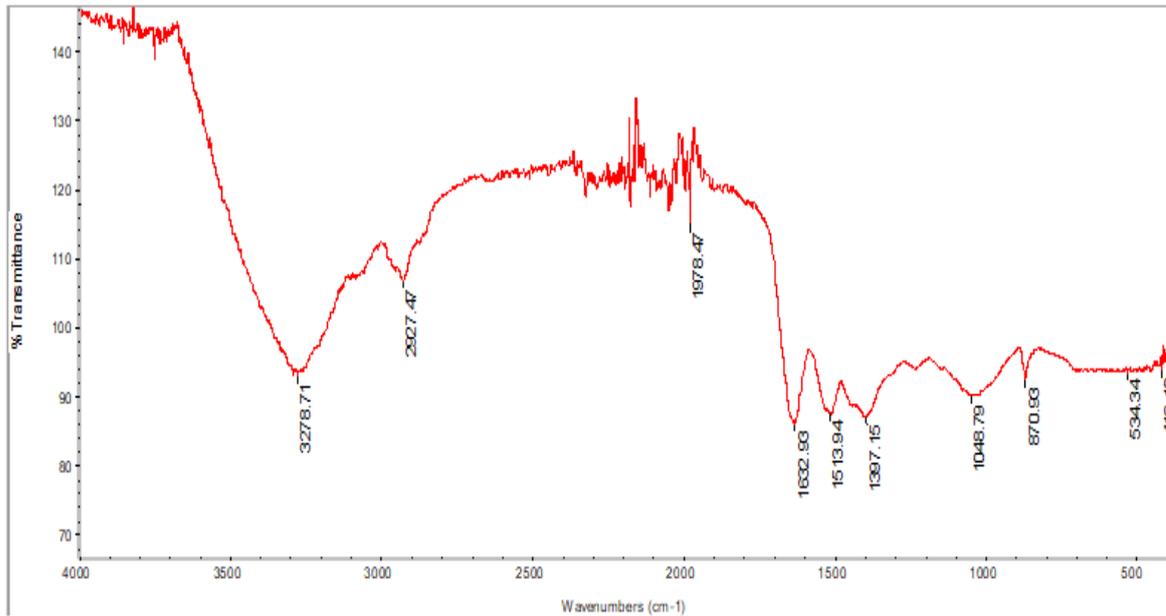
Search type: Correlation

Hit List

Index	Match	Compound name	Library
11	66.77	NONYL ALDEHYDE, 98%	Aldrich Condensed Phase Sample Library
62	64.67	3-NONANONE, 99%	Aldrich Vapor Phase Sample Library
54	60.75	MONOELAIDIN	Sigma Biological Sample Library
20	57.03	URETHANE ALKYD, LINSEED OIL-RICH	Hummel Polymer Sample Library
17	55.78	POLY(ETHYLACRYLATE-ST:ACRYLAMIDE)	Hummel Polymer Sample Library
31	55.32	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 3:1	Hummel Polymer Sample Library
38	54.84	L-APHOSPHATIDYLINOSITOL	Sigma Biological Sample Library
17919	54.28	Poly(2-ethylhexyl acrylate), solution in toluene, average MW ca. 92,000	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
246	54.25	Poly(butyl acrylate), phthalate, poly(acrylonitrile)	HR Hummel Polymer and Additives
29	53.72	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 4:1	Hummel Polymer Sample Library

Title: BP 2A-E

Fri Jun 17 07:56:23 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Fri Jun 10 14:59:22 2022 (GMT+07:00)

Fri Jun 17 07:56:09 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: BP 2A-E
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 116.129
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity
418.10	93.554
534.34	93.244
870.93	92.353
1048.79	89.950
1397.15	86.940
1513.94	87.311
1632.93	85.950
1978.47	114.941
2927.47	106.528
3278.71	92.904

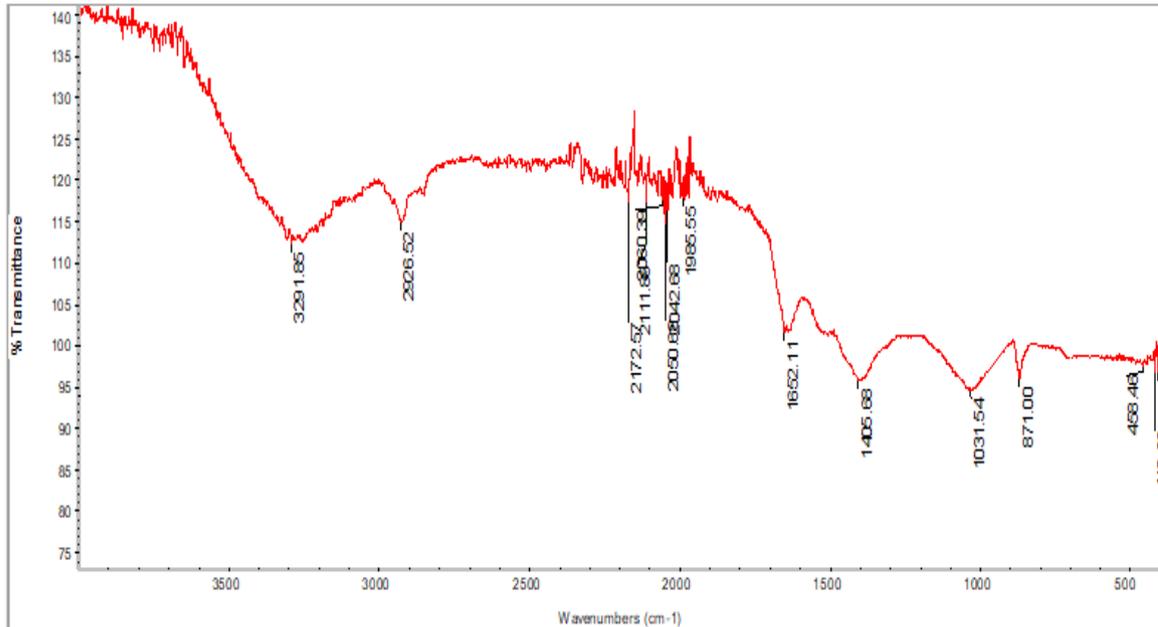
Spectrum: BP 2A-E
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
28	51.02	POLYAMIDE 6 + POLYAMIDE 6,6	Hummel Polymer Sample Library
1	47.12	POLYAMIDE 6	Hummel Polymer Sample Library
2	29.54	CYANOQUANDINE, SUBSTITUTED	Hummel Polymer Sample Library
9	19.08	POLY(STYRENE:4-VINYLPYRIDINE)	Hummel Polymer Sample Library
40	18.78	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
5	15.50	POLY(VINYLDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
34	13.30	POLY(TRIMELLITAMIDE IMIDE)	Hummel Polymer Sample Library
8	12.76	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
33	10.26	POLY(VINYLDENE FLUORIDE:C3F6)	Hummel Polymer Sample Library
53	10.23	POLY(TRIMELLITIC AMIDE IMIDE)	Hummel Polymer Sample Library

Title: BP 2A-I

Fri Jun 17 08:04:39 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Fri Jun 10 15:02:49 2022 (GMT+07:01)

Spectrum: BP 2A-I

Fri Jun 17 08:04:26 2022 (GMT+07:00)

Region: 3995.85-455.13

FIND PEAKS:

Search type: Correlation

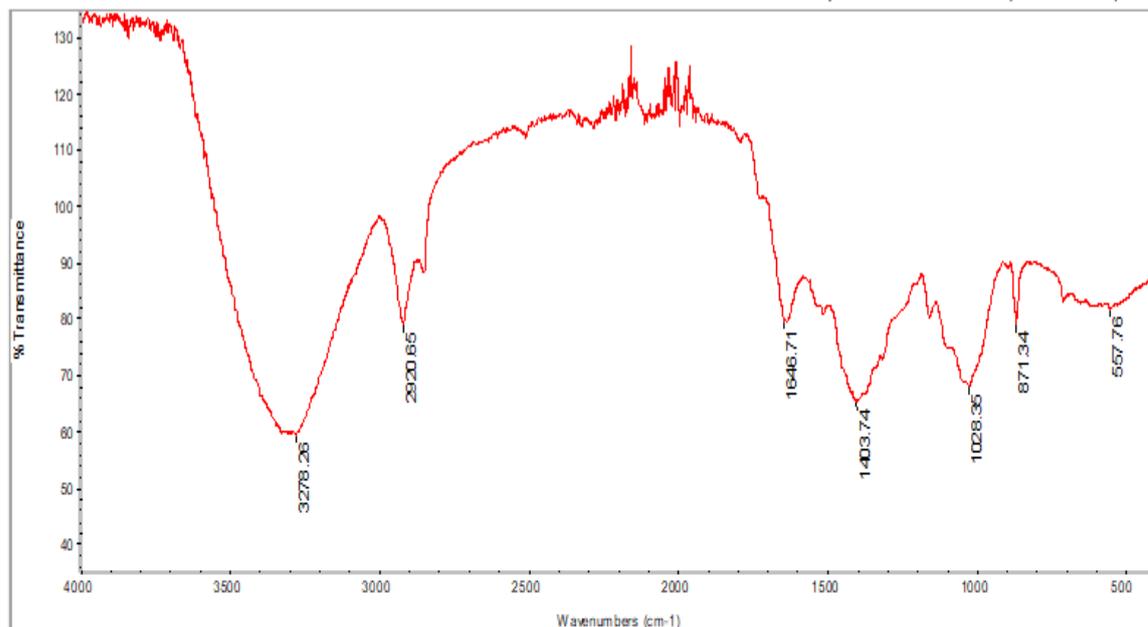
Spectrum: BP 2A-I

Hit List:

Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 117.640
Sensitivity: 50

Position	Intensity
409.98	96.656
418.66	96.477
458.46	97.247
871.00	95.740
1031.54	94.368
1405.68	95.671
1652.11	101.413
1985.55	117.489
2042.68	116.118
2050.68	114.598
2060.39	117.359
2111.88	117.234
2172.57	117.071
2926.62	114.718
3291.85	112.227

Index	Match	Compound name	Library
5	34.25	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
40	22.79	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
8	12.61	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
30	8.94	POLY(METHYL METHACRYLATE)	Hummel Polymer Sample Library
23	8.60	POLY(DIMETHYLSILOXANE)	Hummel Polymer Sample Library
37	8.38	AROMATIC HYDROCARBON RESIN	Hummel Polymer Sample Library
34	7.78	POLY(TRIMELLITAMIDE IMIDE)	Hummel Polymer Sample Library
47	7.17	POLY(STYRENE-VINYLIDENE CHLORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
35	6.71	POLY(VINYL CHLORIDE), CHLORINATED	Hummel Polymer Sample Library
53	6.40	POLY(TRIMELLITIC AMIDE IMIDE)	Hummel Polymer Sample Library



Collection time: Mon Apr 25 06:51:13 2022 (GMT+07:00)
 Mon Apr 25 06:58:05 2022 (GMT+07:00)

Spectrum: BP 2B No.6
 Region: 3495.28-455.13
 Search type: Correlation

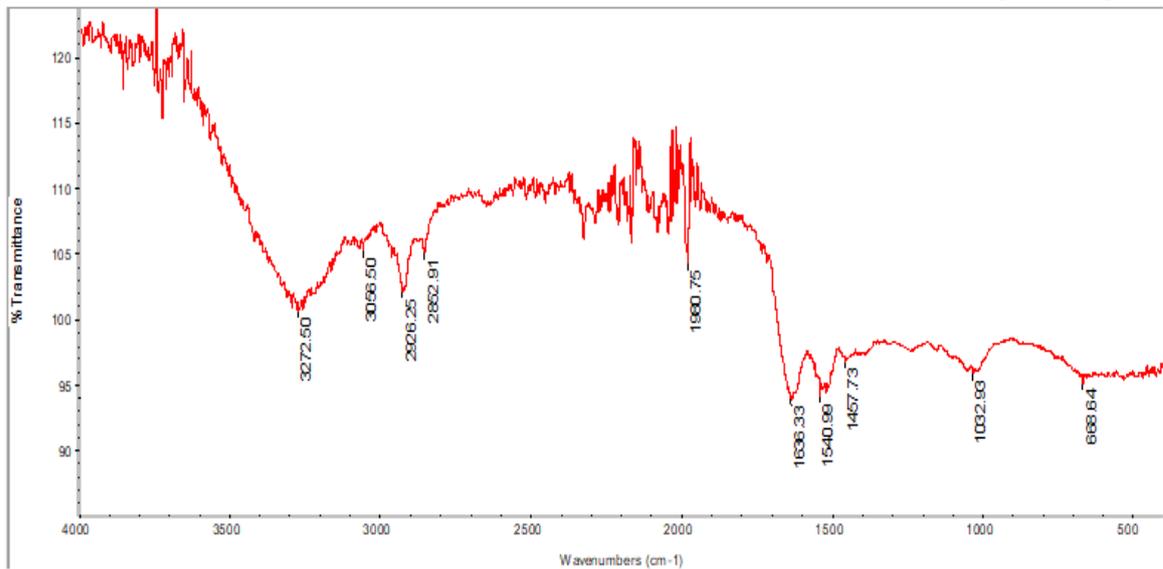
FIND PEAKS:

Spectrum: BP 2B No.6
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 96.796
 Sensitivity: 50

Peak list:

Position	Intensity
557.76	81.399
871.34	78.743
1028.35	67.771
1403.74	64.969
1646.71	79.184
2920.65	78.666
3278.26	59.203

Hit List	Index	Match	Compound name	Library
	40	53.03	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
	113	52.90	OPIUMPOWDER IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
	766	51.74	1,9-Nonanediol, 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	1086	51.03	D-Erythrose, tech, aprox 60%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	17843	50.46	Poly(dimer acid-co-alkyl polyamine), s of tening point 130	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	1135	50.34	Hydroxyethyl-beta-cyclodextrin, ms=5	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	1125	49.81	Maltotriose hydrate, 95%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	18213	49.62	Calcium carbonate, 99.995+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	17845	49.49	Poly(dimer acid-co-alkyl polyamine), s of tening point 160	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	796	49.11	Coconut oil ethanolamide	HR Hummel Polymer and Additives



Collection time: Fri Jun 10 08:42:43 2022 (GMT+07:00)

Fri Jun 17 08:12:05 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

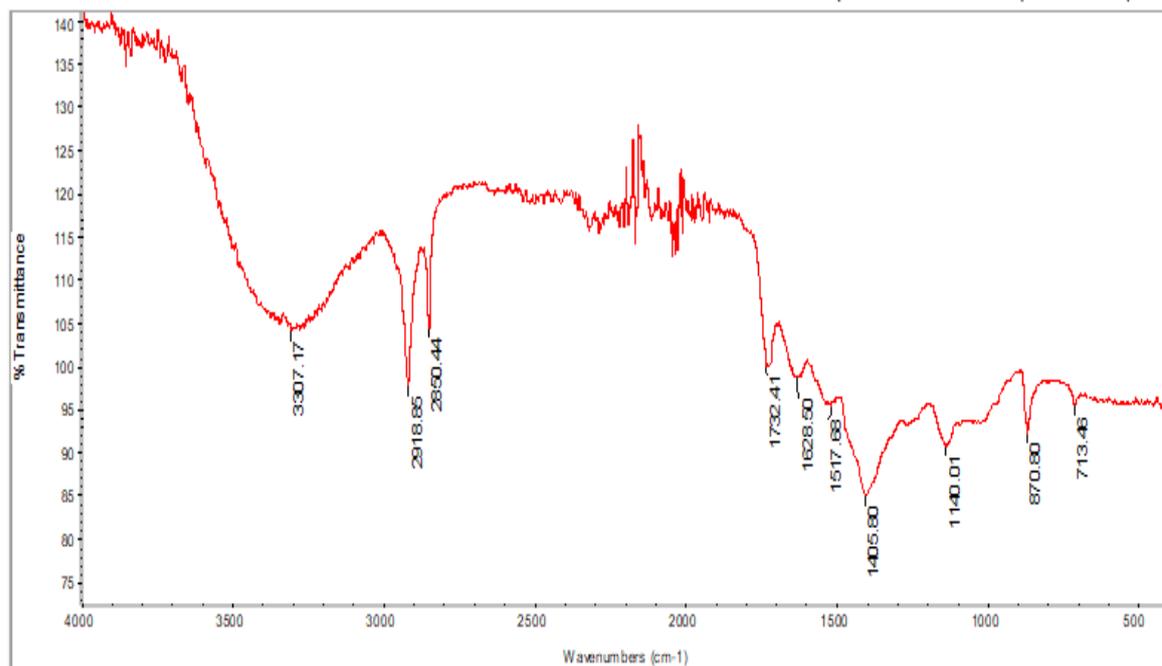
Spectrum: BP 2B-B
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 105.215
 Sensitivity: 50

Peak list:
 Position: 668.64 Intensity: 94.999
 Position: 1032.93 Intensity: 95.750
 Position: 1457.73 Intensity: 96.687
 Position: 1540.99 Intensity: 93.993
 Position: 1636.33 Intensity: 93.803
 Position: 1980.75 Intensity: 104.192
 Position: 2852.91 Intensity: 104.986
 Position: 2926.25 Intensity: 102.042
 Position: 3056.50 Intensity: 105.149
 Position: 3272.50 Intensity: 100.494

Spectrum: BP 2B-B
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
28	47.35	POLYAMIDE 6 + POLYAMIDE 6,6	Hummel Polymer Sample Library
1	43.31	POLYAMIDE 6	Hummel Polymer Sample Library
2	40.80	CYANOQUANIDINE, SUBSTITUTED	Hummel Polymer Sample Library
40	24.50	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
9	19.60	POLY(STYRENE-4-VINYLPYRIDINE)	Hummel Polymer Sample Library
8	18.10	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
33	14.24	POLY(VINYLDENE FLUORIDE:C3F6)	Hummel Polymer Sample Library
30	14.17	POLY(METHYL METHACRYLATE)	Hummel Polymer Sample Library
34	11.11	POLY(TRIMELITAMIDE IMIDE)	Hummel Polymer Sample Library
10	10.50	POLY(ISOBUTENE ISOPRENE)	Hummel Polymer Sample Library



Collection time: Mon Apr 25 07:00:22 2022 (GMT+07:00)

Mon Apr 25 07:01:05 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: BP 3 No.7
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 110.446
 Sensitivity: 50
 Peak list:
 Position: 870.80 Intensity: 92.041
 Position: 1140.01 Intensity: 90.616
 Position: 1405.80 Intensity: 84.731
 Position: 1732.41 Intensity: 99.857
 Position: 2850.44 Intensity: 104.097
 Position: 2918.85 Intensity: 97.488
 Position: 3307.17 Intensity: 103.897

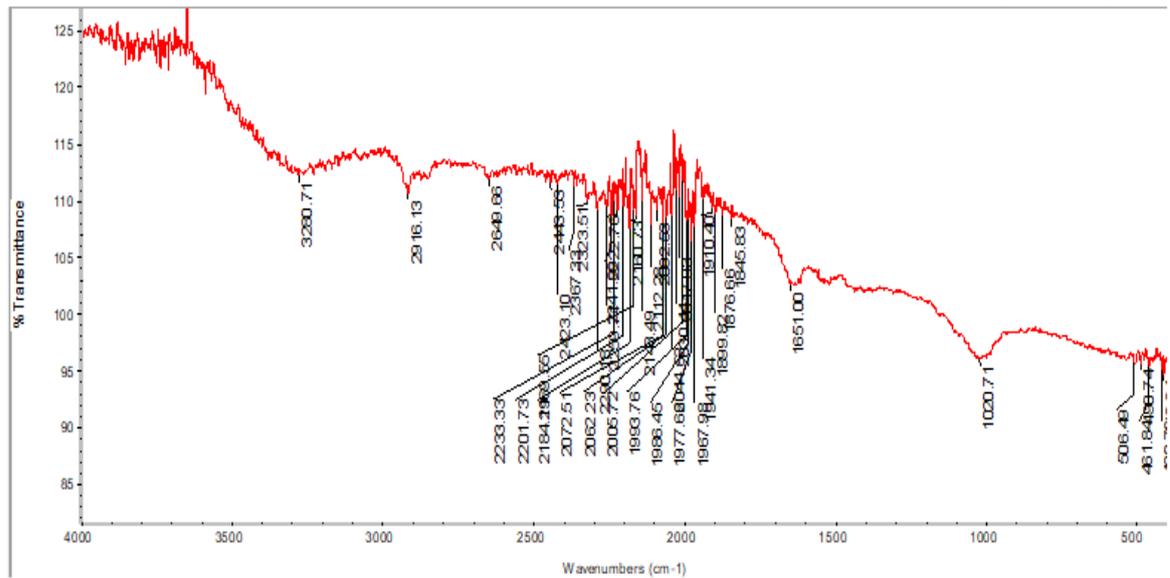
Spectrum: BP 3 No.7
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation

Hit List

Index	Match	Compound name	Library
18213	36.44	Calcium carbonate, 99.996+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
169	36.40	Methylenecyclobutane	HR Nicolet Sampler Library
271	36.40	Methylenecyclobutane, tech., 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
5	35.48	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
12	35.01	Nylon II (ATR Corrected)	User Example Library
130	34.19	PENICILLIN G POTASSIUM IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
1435	32.70	Ammonium chloride	HR Hummel Polymer and Additives
1436	32.66	1-Naphthalenesulfonic acid Na s alt	HR Hummel Polymer and Additives
88	32.58	2,3-DIMETHOXYPHENOL, 98%	Aldrich Vapor Phase Sample Library
78	32.09	DIPHENYL PHOSPHITE	Aldrich Condensed Phase Sample Library

Title: BP 3-D

Fri Jun 17 08:29:59 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Fri Jun 10 10:09:16 2022 (GMT+07:00)

Spectrum: BP 3-D
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

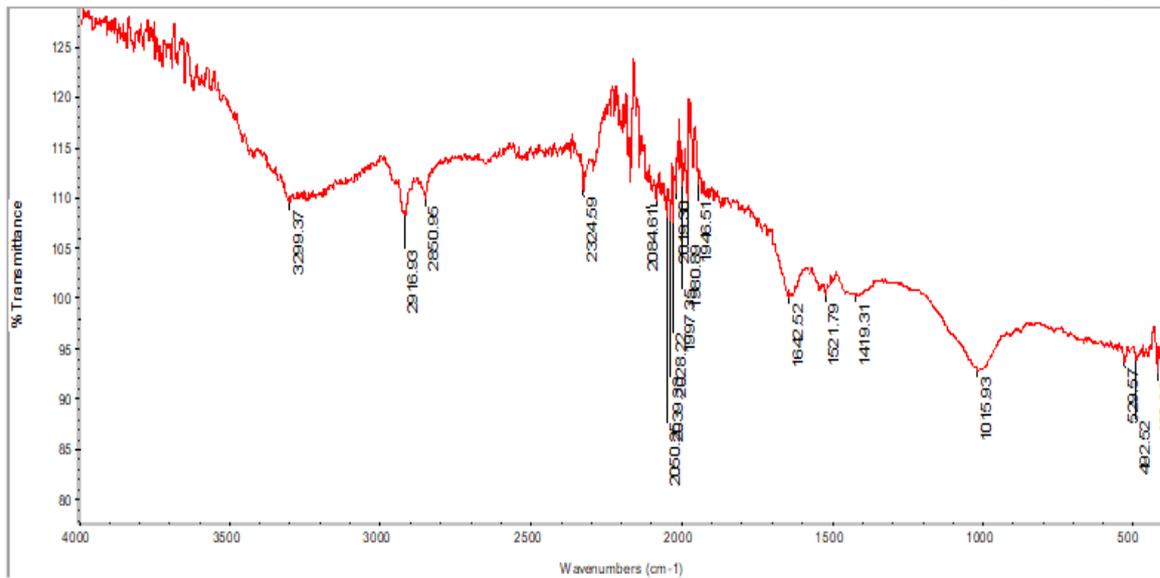
File: 17 0829 0829 0829 0829
 Path: BP 3-D
 Name: BP 3-D
 Date: 2022 06 17 08:29:59
 Size: 151888
 Type: IR
 Peak List:
 Peak No. Wavenumber (cm-1) Intensity
 1 3280.71 100
 2 2916.13 100
 3 2849.66 100
 4 2233.33 100
 5 2201.73 100
 6 2184.26 100
 7 2072.51 100
 8 2062.23 100
 9 2005.72 100
 10 1963.76 100
 11 1936.45 100
 12 1917.66 100
 13 1910.34 100
 14 1899.86 100
 15 1845.83 100
 16 1651.00 100
 17 1020.71 100
 18 506.43 100
 19 461.84 100

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
40	42.62	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
8	33.56	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
33	13.73	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE:C3F6)	Hummel Polymer Sample Library
30	11.89	POLY(METHYL METHACRYLATE)	Hummel Polymer Sample Library
47	9.72	POLY(STYRENE:VINYLIDENE CHLORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
23	9.01	POLY(DIMETHYLSILOXANE)	Hummel Polymer Sample Library
19	7.72	POLY(METHACRYLATE), W/OH GROUPS	Hummel Polymer Sample Library
12	6.74	POLY(ACRYLONITRILE:MMA)	Hummel Polymer Sample Library
49	6.54	POLY(VINYL CHLORIDE:MMA)	Hummel Polymer Sample Library
13	6.47	ALKYD RESIN	Hummel Polymer Sample Library

Title: BP 3-C

Fri Jun 17 08:28:44 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Fri Jun 10 10:07:47 2022 (GMT+07:00)

Spectrum: BP 3-C
 Region: 3995.85-455.13
 Search type: Correlation

Fri Jun 17 08:28:44 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS

Spectrum: BP 3-C

Region: 400.00 400.00

Abscissa: Wavenumber

Scale: 111.200

Peak list:

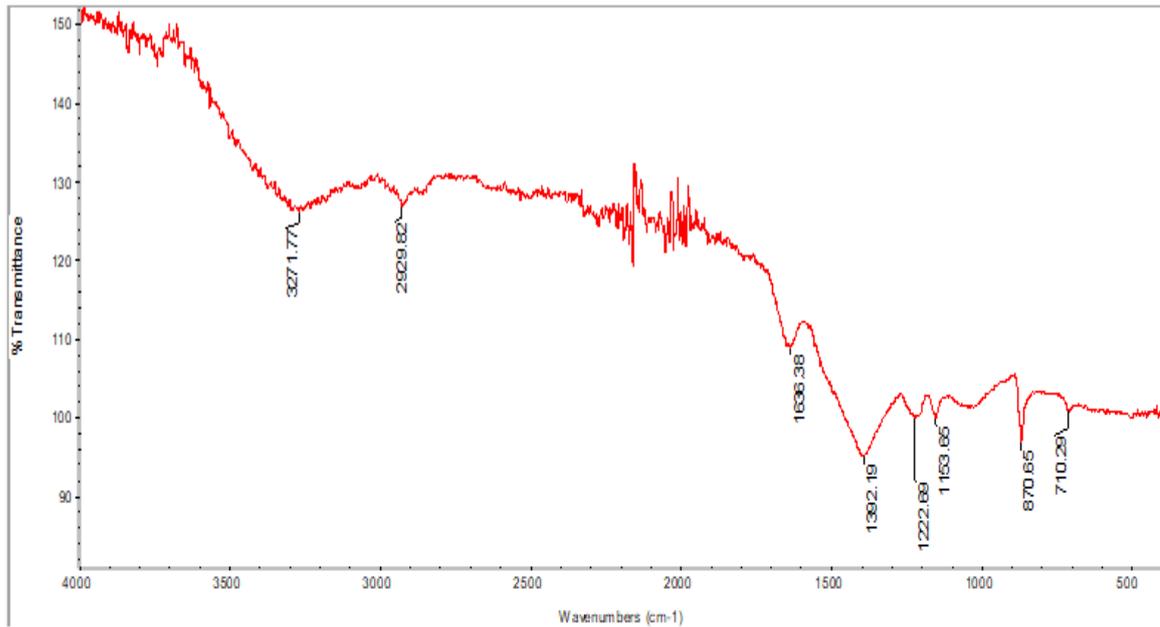
Position	Intensity
420.80	9.203
452.19	9.701
529.97	9.553
1015.93	9.701
1419.31	100.000
1521.79	100.000
1642.52	98.961
1846.51	111.000
1960.85	108.525
1977.25	110.990
2050.80	110.330
2084.61	107.210
2324.59	107.470
2850.95	107.600
2916.93	108.020
3299.37	110.691
3369.37	108.702
3369.37	108.096
3369.37	108.278

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
40	41.39	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
8	33.10	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
23	17.54	POLY(DIMETHYLSILOXANE)	Hummel Polymer Sample Library
33	14.91	POLY(VINYLDENE FLUORIDE:C3F6)	Hummel Polymer Sample Library
6	12.76	POLY(VINYL BUTYRAL)	Hummel Polymer Sample Library
30	10.27	POLY(METHYL METHACRYLATE)	Hummel Polymer Sample Library
5	10.24	POLY(VINYLDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
15	9.18	POLY(VINYL PROPIONATE:ACRYLATE)	Hummel Polymer Sample Library
47	7.36	POLY(STYRENE:VINYLIDENE CHLORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
24	7.28	POLY(METHYLPHENYLSILOXANE)	Hummel Polymer Sample Library

Title: Outlet No.8

Mon Apr 25 07:04:33 2022 (GMT+07:00)



Collection time: Mon Apr 25 07:03:12 2022 (GMT+07:00)

Mon Apr 25 07:03:49 2022 (GMT+07:00)

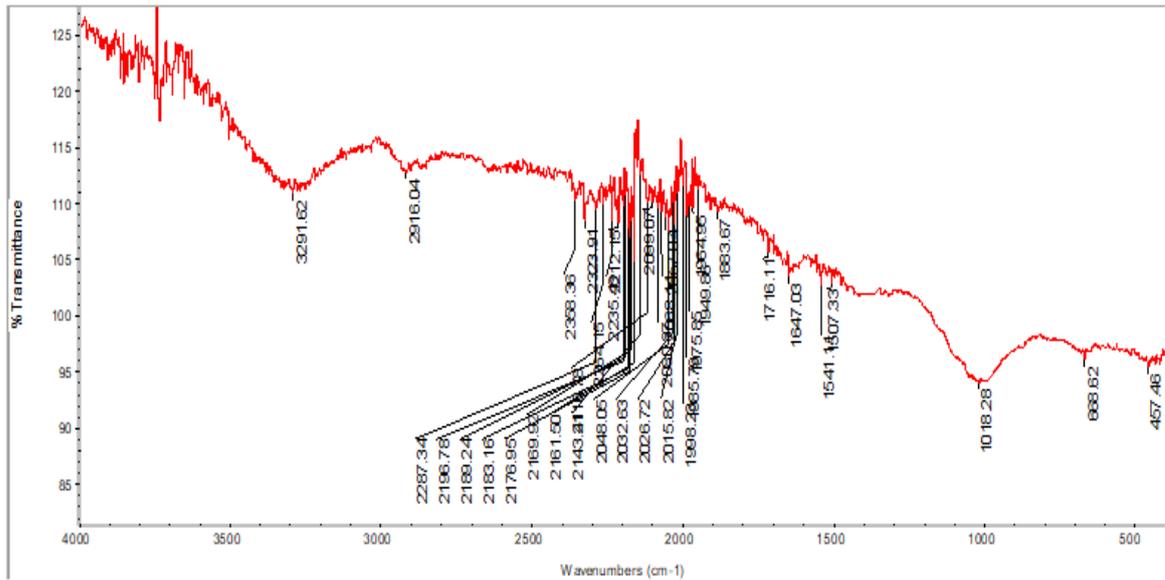
FIND PEAKS:

Spectrum: Outlet No.8
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 114.804
 Sensitivity: 50
 Peak list:
 Position: 870.65 Intensity: 96.630
 Position: 1153.65 Intensity: 99.690
 Position: 1222.69 Intensity: 99.819
 Position: 1392.19 Intensity: 94.841
 Position: 1636.38 Intensity: 108.794

Spectrum: Outlet No.8
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
308	45.33	(+)-Longoilene, 98+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
5	44.60	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
13627	42.97	5-Methylthiazole, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1566	40.64	2,3-Dichloro-1,4-dioxane	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
15410	39.43	1,2-Cyclohexanedione dioxime, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1763	37.83	Ammonium iodide	HR Hummel Polymer and Additives
1762	36.87	Ammonium bromide	HR Hummel Polymer and Additives
2587	36.37	1,5-Dihydroxy-2,2,4,4-tetrachloro-3-pentanone hemihydrate, 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
8167	35.03	2,3-Diaminonaphthalene, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
4439	33.76	Methyl 3-nitropropionate, 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II



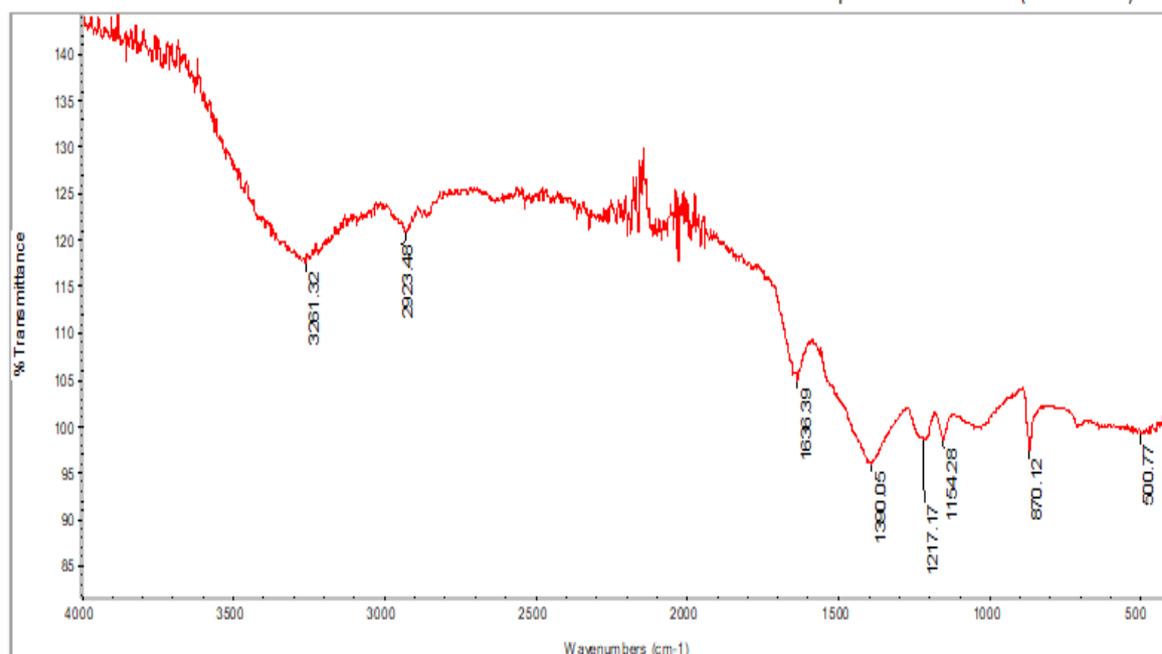
Collection time: Fri Jun 10 13:35:39 2022 (GMT+07:0)

Spectrum: Outlet-C
 Region: 3998.68-400.16
 Search type: Correlation

File: 1308_16202_034-0105
 FID1.FID.1
 Date: 2022-06-17
 Time: 13:08
 Path: 1308_16202_034-0105
 Peak List

Index	Wavenumber	Intensity
1079	21.06	62.82
565	20.21	58.88
792	20.04	58.88
1078	20.00	58.88
82	18.32	58.88
75	18.28	58.88
780	18.18	58.88
237	18.10	58.88
103	17.88	58.88
238	17.68	58.88

Index	Match	Compound name	Library
1079	21.06	Pullulan P2000	HR Hummel Polymer and Additives
565	20.21	Cellophane	HR Hummel Polymer and Additives
792	20.04	Crystalline calcium phosphate (Canis Vulpes)	HR Hummel Polymer and Additives
1078	20.00	Pullulan P800	HR Hummel Polymer and Additives
82	18.32	Chipboard P40 10.7% N	HR Hummel Polymer and Additives
75	18.28	Chipboard w/ urea-formaldehyde condensate	HR Hummel Polymer and Additives
780	18.18	Ursus Spelaeus	HR Hummel Polymer and Additives
237	18.10	Poly(vinylidene fluoride;hexafluoropropene)	HR Hummel Polymer and Additives
103	17.88	Cellulose + lignin	HR Hummel Polymer and Additives
238	17.68	Poly(vinylidene fluoride;hexafluoropropene)	HR Hummel Polymer and Additives



Collection time: Mon Apr 25 07:06:25 2022 (GMT+07:00)

Mon Apr 25 07:07:17 2022 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: Efluen No.9
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 117.381
 Sensitivity: 50
 Peak list:
 Position: 500.77 Intensity: 98.861
 Position: 870.12 Intensity: 97.144
 Position: 1154.28 Intensity: 98.264
 Position: 1217.17 Intensity: 98.283
 Position: 1390.05 Intensity: 95.775
 Position: 1636.39 Intensity: 104.744
 Position: 3261.32 Intensity: 117.304

Spectrum: Efluen No.9
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation

Hit List:	Index	Match	Compound name	Library
	5	38.85	POLY(VINYLDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
	308	35.75	(+)-Limonene, 98+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	1566	33.56	2,3-Dichloro-1,4-dioxane	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	13627	33.06	5-Methylthiazole, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	16591	30.64	Methyl formate-D, 98+ atom % D	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	516	30.60	Perfluoroeicosane	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	15410	30.17	1,2-Cyclohexanedione dioxime, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
	4	29.94	ABSCISIC ACID METHYL ESTER	Sigma Biological Sample Library
	11	28.78	L-ALANINE P-NITROANILIDE HCL	Sigma Biological Sample Library
	2587	28.70	1,5-Dihydroxy-2,2,4,4-tetrachloro-3-pent anone hemihydrate, 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II

**LAMPIRAN 4.
ALAT UJI PENELITIAN.**



Analisis Mikroskopis

Sumber: Dinamika, 2018



FT-IR Spectrometers

Sumber: batuwaris.com, 2021

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto, 19 Agustus 2000, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah melalui pendidikan formal yaitu SD Taruna Nusa Harapan Kota Mojokerto lulus tahun 2012, SMP Taruna Nusa Harapan Kota Mojokerto lulus tahun 2015, dan SMA Negeri 02 Kota Mojokerto lulus tahun 2018. Setelah lulus dari SMA tahun 2018, penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 03211840000111.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai anggota Steering Committee Kaderisasi, Kepala Divisi Minat Bakat periode 2021/2022, Staf ahli bidang kaderisasi UKM Voli ITS, serta ikut dalam berbagai kepanitiaan kegiatan. Penulis memilih bidang perencanaan Limbah Padat dan B3 dengan judul Tugas Akhir “Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto”. Kritik dan saran yang membangun dapat dikirimkan ke email penulis rafimarsa.t@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LOGBOOK ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rafimarsa Tafaqury

NRP : 03211840000111

Judul Tugas Akhir : Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA
Randegan, Kota Mojokerto

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.AppSc.

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan	Evaluasi	Paraf Dosen Pembimbing
1.	06 November 2021	Diskusi judul Tugas Akhir		
2.	21 November 2021	Asistensi proposal	<ul style="list-style-type: none">- Memperbaiki tujuan dan rumusan masalah- Memperbaiki salah ketik- Memperbaiki abstrak- Menambah metode penelitian	
3.	31 Desember 2021	Asistensi proposal	<ul style="list-style-type: none">- Memperbaiki salah ketik- Menambahkan sumber data- Memperbaiki RAB dan jadwal	
4.	10 Januari 2022	Asistensi proposal	<ul style="list-style-type: none">- Menambah jumlah sampel- Memperbaiki titik pengambilan sampel	

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan	Evaluasi	Paraf Dosen Pembimbing
5.	19 Januari 2022	Asistensi PPT	<ul style="list-style-type: none"> - Font terlalu kecil - Mengurangi kondisi eksisting TPA - Memperbaiki RAB - Memperbaiki salah ketik 	
6.	24 Maret 2022	Asistensi	<ul style="list-style-type: none"> - Mencari data Mikroplastik - Menggunakan 2,5 Liter data sampel 	
7.	01 April 2022	Asistensi data excel	<ul style="list-style-type: none"> - Data masih sampai BP 3 percobaan 1 - Gambar kurang jelas untuk Mikroplastik - Membuat grafik 	
8.	11 April 2022	Asistensi data excel dan draft laporan	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki grafik bentuk, warna, ukuran 	
9.	18 April 2022	Asistensi data excel dan draft laporan	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki grafik bentuk, warna, ukuran - Menghitung Mikroplastik yang keluar dari unit IPL 	

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan	Evaluasi	Paraf Dosen Pembimbing
10.	25 April 2022	Asistensi data excel dan draft proposal	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki laporan - Memperbaiki data excel 	
11.	10 Mei 2022	Asistensi laporan	<ul style="list-style-type: none"> - Menambahkan polimer nilon - Menambahkan grafik batang 	
12.	07 Juni 2022	Asistensi excel dan laporan	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki jenis polimer - Menambahkan standar deviasi - Menambahkan grafik 	
13.	20 Juni 2022	Asistensi laporan	<ul style="list-style-type: none"> - Menambahkan Axis grafik - Menambahkan pembahasan - Memperbaiki kesimpulan dan saran - Memperbaiki kata pengantar - Memperbaiki abstrak - Menambahkan lampiran - Memperbaiki salah ketik 	

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan	Evaluasi	Paraf Dosen Pembimbing
			- Menambahkan keterangan <i>cellophane</i>	

Surabaya, 14 Mei 2022

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.AppSc.



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rafimarsa Tafaqury
NRP : 03211840000111
Judul : Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan/ Pembahasan	Paraf
1	06 November 2021	Diskusi judul Tugas Akhir	
2	21 November 2021	Asistensi proposal (Memperbaiki tujuan dan rumusan masalah, memperbaiki salah ketik, memperbaiki abstrak, menambah metode penelitian)	
3	31 Desember 2021	Asistensi proposal (Memperbaiki salah ketik, menambahkan sumber data, memperbaiki RAB dan jadwal)	
4	10 Januari 2022	Asistensi Proposal (Menambah jumlah sampel, memperbaiki titik pengambilan sampel)	
5	19 Januari 2022	Asistensi PPT (Memperbaiki font, mengurangi kondisi eksisting TPA, memperbaiki RAB, memperbaiki salah ketik)	
6	24 Maret 2022	Asistensi (Mencari data mikroplastik, menggunakan 2,5 liter data sampel)	

7	01 April 2022	Asistensi data excel (Data masih sampai BP 1, Gambar kurang jelas untuk mikroplastik, membuat grafik)	
8	11 April 2022	Asistensi data excel dan draft laporan (Memperbaiki grafik (bentuk, warna, dan ukuran))	
9	18 April 2022	Asistensi data excel dan draft laporan (Memperbaiki grafik (bentuk, warna dan ukuran), menghitung mikroplastik yang keluar pada unit IPL dalam waktu satu hari)	
10	25 April 2022	Memperbaiki laporan, memperbaiki data excel	
11	10 Mei 2022	Menambahkan polimer, menambahkan grafik batang	
12	07 Juni 2022	Memperbaiki jenis polimer menambahkan standar deviasi, menambahkan grafik	
13	20 Juni 2022	Menambahkan axis grafik, menambahkan pembahasan, memperbaiki kesimpulan dan saran, memperbaiki kata pengantar, memperbaiki abstrak, menambahkan lampiran	

Surabaya, 26 Juli 2022

Dosen Pembimbing,



(Prof. Dr. Yulina Trihadiningrum, M.App.Sc.)



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp. 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 5 Juli 2022
Pukul : 10.30 - 11.45
Lokasi : TL 106
Judul : Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto
Nama : Rafimarsa Tafaqury
NRP. : 0321184000111
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	1 Kembali daftar pustaka (kesesuaian dengan yang diminta)
2	Konsistenkan penulisan, termasuk format daftar pustaka.
3	Huruf italic tidak konsisten.
4	Perbaiki Saran.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana.
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji.
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing.

Dosen Penguji : Arseto Yekti Bagastyo ST., MT., M.Phil., Ph.D.

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

(Handwritten signatures)



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 5 Juli 2022

Nilai TOEFL 480

Pukul : 10.30 - 11.45

Lokasi : TL 106

Judul : Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto

Nama : Rafimarsa Tafaqury

Tanda Tangan

NRP. : 0321184000111

Topik : Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	Mohon cek kembali penulisan, spasi, huruf-besar, font & hulu diperhatikan
2	Gambar TPA di perbesar, yang jelas

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.

Susi A. Wilujeng



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 5 Juli 2022
Pukul : 10.30 - 11.45
Lokasi : TL 106
Judul : Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Lindi TPA Randegan, Kota Mojokerto
Nama : Rafimarsa Tafaqury
NRP. : 03211840000111
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Penyebab efisiensi di aerasi tidak dijelaskan kembali
2.	Efisiensi sebaiknya dibuat tabel
3.	Saran diperbaiki

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Alfan Purnomo, ST., MT.

()

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Yulnah Trihadiningrum, M App Sc.

()