

**PENYISIHAN MIKROPLASTIK PADA AIR LIMBAH  
*LAUNDRY* MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA  
ALUMINIUM (Al)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**MUQABIL**

**NIM. 190702097**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2023 M/1445 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENYISIHAN MIKROPLASTIK PADA AIR LIMBAH *LAUNDRY*  
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI  
DENGAN ELEKTRODA ALUMINIUM (Al)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:  
**MUQABIL**  
**NIM. 190702097**

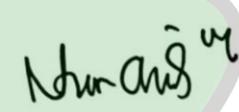
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
**Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.**

  
**Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.**

NIP: 198912132014031002

NIP: 197806162005012009

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



**Husnawati Yahya, M.Sc.**  
NIP. 198311092014032002

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**  
**PENYISIHAN MIKROPLASTIK PADA AIR LIMBAH**  
**LAUNDRY MENGGUNAKAN METODE**  
**ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA**  
**ALUMINIUM (Al)**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

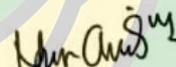
Pada Hari/Tanggal: Kamis/21 Desember 2023  
Kamis/8 Jumadil Akhir 1444

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

  
Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
NIP: 198913132014031002

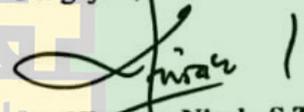
Sekretaris,

  
Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.  
NIP: 197806162005012009

Penguji I,

  
Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc  
NIP: 198207312014031001

Penguji II,

  
Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Sc  
NIP: 197902162014032001

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

  
Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muqabil  
NIM : 190702097  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Penyisihan Mikroplastik Pada Air Limbah *Laundry*  
Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Elektroda  
Aluminium (Al)

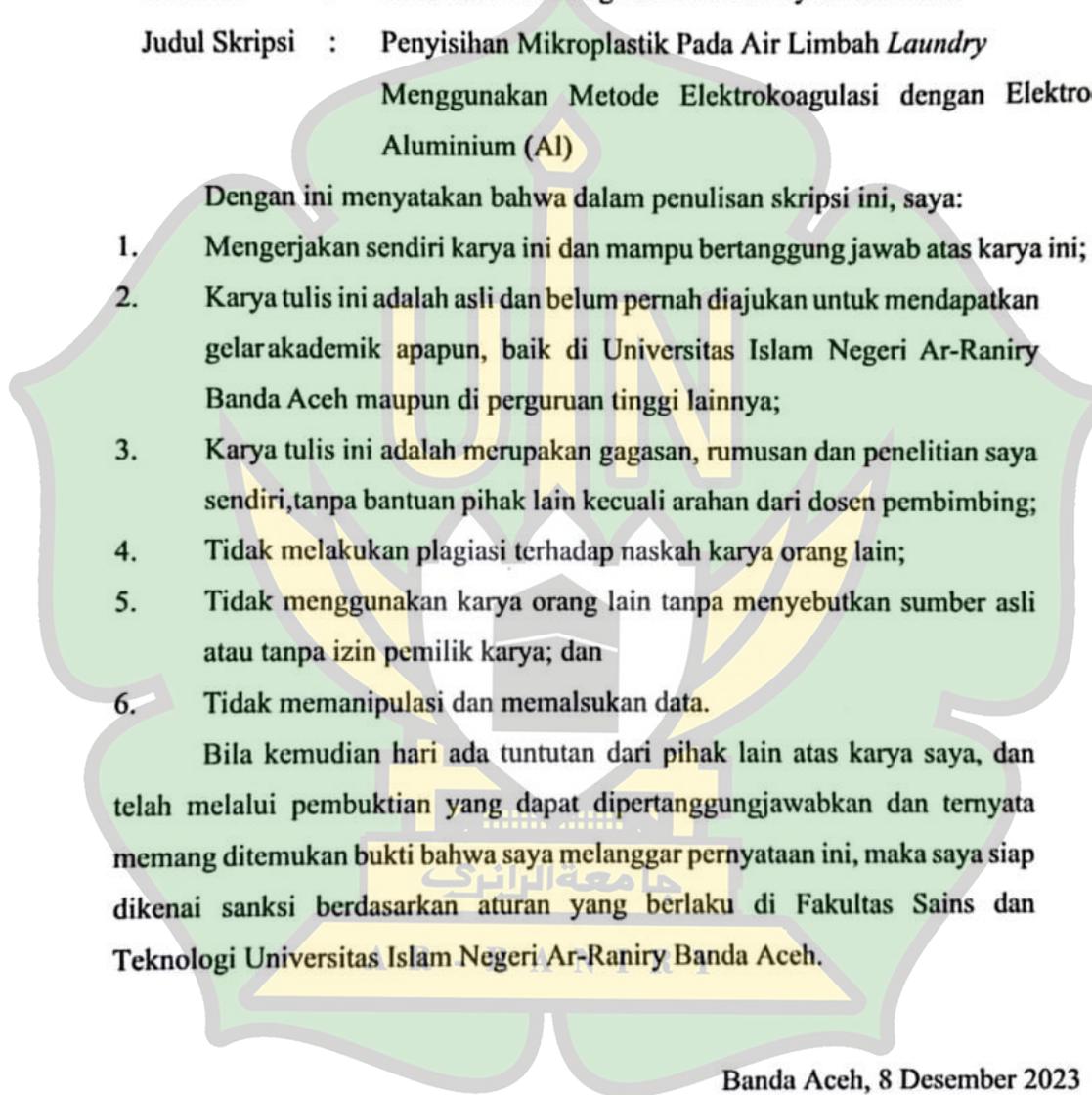
Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 8 Desember 2023

  
Muqabil



## KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, saya mengawali kata pengantar ini dengan puji kepada Allah Swt. atas berkat dan ridha-Nya sehingga saya berhasil menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Tugas akhir ini berjudul " *Penyisihan Mikroplastik Pada Air Limbah Laundry Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Aluminium (Al)*" dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan dari Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Perjalanan untuk menyelesaikan tugas akhir ini tidaklah mudah, dan butuh usaha keras serta dedikasi yang tinggi. Namun, prestasi ini bukanlah hasil individu semata. Saya ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan selama proses penelitian ini, antara lain:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri ArRaniry, memberikan arahan, dan motivasi dalam perjalanan studi saya.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, atas bantuan administratif dan informasi yang berharga.
4. Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik dan juga dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, masukan serta bimbingan pada penulisan tugas akhir.
6. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
7. Ibu Nurul Huda, S.Pd, selaku Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan.
8. Orang tua saya, Ibunda Nur Baidah dan Ayahanda Alm. Angkasah, yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan dalam setiap langkah perjalanan hidup saya.

9. Seluruh dosen di Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah berbagi ilmu dan pengalaman selama proses perkuliahan.
10. Rekan-rekan pendamping penelitian, Asrul Waldiansyah Abda, Arkan Aufa Wina, Yunasar, Maulizul Barzan, Sayed Abdul Jabbar, Luthfi, Aisha Shakira, Amamullah, Khaleed Alhamzi, Ricco Setiawan, Khairul Maulana, Al-fataya Zikrillah, Asti Farhani Octavianty, Syahna Munawarah, yang membantu penelitian ini.
11. Teman-teman angkatan 2019 di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang memberikan masukan dan dukungan yang berarti.

Penelitian ini masih memiliki ruang untuk perbaikan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna meningkatkan kualitas laporan penelitian ini. Semoga semua yang baik dan segala pertolongan yang telah diberikan oleh Allah Swt. Mendapat berkah dan balasan yang melimpah. Semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan. Terima kasih atas segala dukungan dan doa yang telah diberikan

Banda Aceh, 8 Desember 2023  
Penulis,

جامعة الرانيري

AR - RANIR Muqabil

## ABSTRAK

Nama : Muqabil  
NIM : 190702016  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Penyisihan Mikroplastik Pada Air Limbah *Laundry*  
Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium (Al)  
Tanggal Sidang :  
Jumlah Halaman : 1  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Pembimbing II : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.  
Kata Kunci : Mikroplastik, Polimer, Elektrokoagulasi.

Mikroplastik dalam air limbah *laundry* berpotensi mencemari ekosistem perairan dan mengganggu kehidupan manusia. Mikroplastik dapat mengganggu organisme seperti plankton dan ikan, menyebabkan hambatan reproduksi dan gangguan metabolisme. Mikroplastik bersifat hidrofobik dan rentan mengadopsi polutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroplastik dalam air limbah *laundry* dan menguji efektivitas elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium untuk menghilangkan mikroplastik. Penelitian ini juga mengevaluasi pengaruh waktu kontak, rapat arus, dan jarak antara elektroda terhadap penurunan mikroplastik. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi waktu kontak 30, 60 dan 90 menit, rapat arus 40, 45 dan 50 A/m<sup>2</sup>, dan jarak antara elektroda 2 dan 3 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam air limbah *laundry* terdapat 330 partikel/l mikroplastik, dengan bentuk terdiri dari fiber, fragmen dan film dan warna meliputi biru, merah, hitam, hijau dan transparan. Jenis polimer yang diidentifikasi meliputi *Polyethylene terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *Polyamides* (PA), *Polystyrene* (PS), dan *High Density Polyethylene* (HDP). Efektivitas pengolahan mencapai 93,9% tertinggi dan 57,6% terendah. Rapat arus dan waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan mikroplastik, sedangkan jarak antara elektroda tidak berpengaruh. Penelitian ini menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi mikroplastik dalam air limbah *laundry*.

## ***ABSTRACT***

*Name* : *Muqabil*  
*Student ID Number* : *190702016*  
*Study Program* : *Environmental Engineering*  
*Title* : *Elimination of Microplastics in Laundry Wastewater Using the Electrocoagulation Method with Aluminum (Al) Electrodes*  
*Session Date* :  
*Number of pages* : *1*  
*Advisor I* : *Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.*  
*Advisor II* : *Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.*  
*Keywords* : *Microplastic, Polymers, Electrocoagulation.*

Microplastics in laundry waste have the potential to contaminate aquatic ecosystems and disrupt human life. Microplastics can interfere with organisms such as plankton and fish, causing reproductive barriers and metabolic disturbances. Microplastics are hydrophobic and prone to adopting pollutants. Therefore, this study aims to identify microplastics in laundry waste and test the effectiveness of electrocoagulation with aluminum electrodes to remove microplastics. This study also evaluates the effect of contact time, current density, and distance between electrodes on the reduction of microplastics. The electrocoagulation process was carried out with variations in contact time of 30, 60, and 90 minutes, current density of 40, 45, and 50 A/m<sup>2</sup>, and distance between electrodes of 2 and 3 cm. The results showed that there were 330 particles/l of microplastics in the laundry waste, with shapes consisting of fibers, fragments, and films and colors including blue, red, black, green, and transparent. The types of polymers identified include Polyethylene terephthalate (PET), Polypropylene (PP), Polyamides (PA), Polystyrene (PS), dan High Density Polyethylene (HDP). The effectiveness of the treatment reached a maximum of 93.9% and a minimum of 57.6%. Current density and contact time affect the reduction of microplastics, while the distance between electrodes does not. This study shows that electrocoagulation can be an effective solution to reduce microplastics in laundry waste.

## DAFTAR ISI

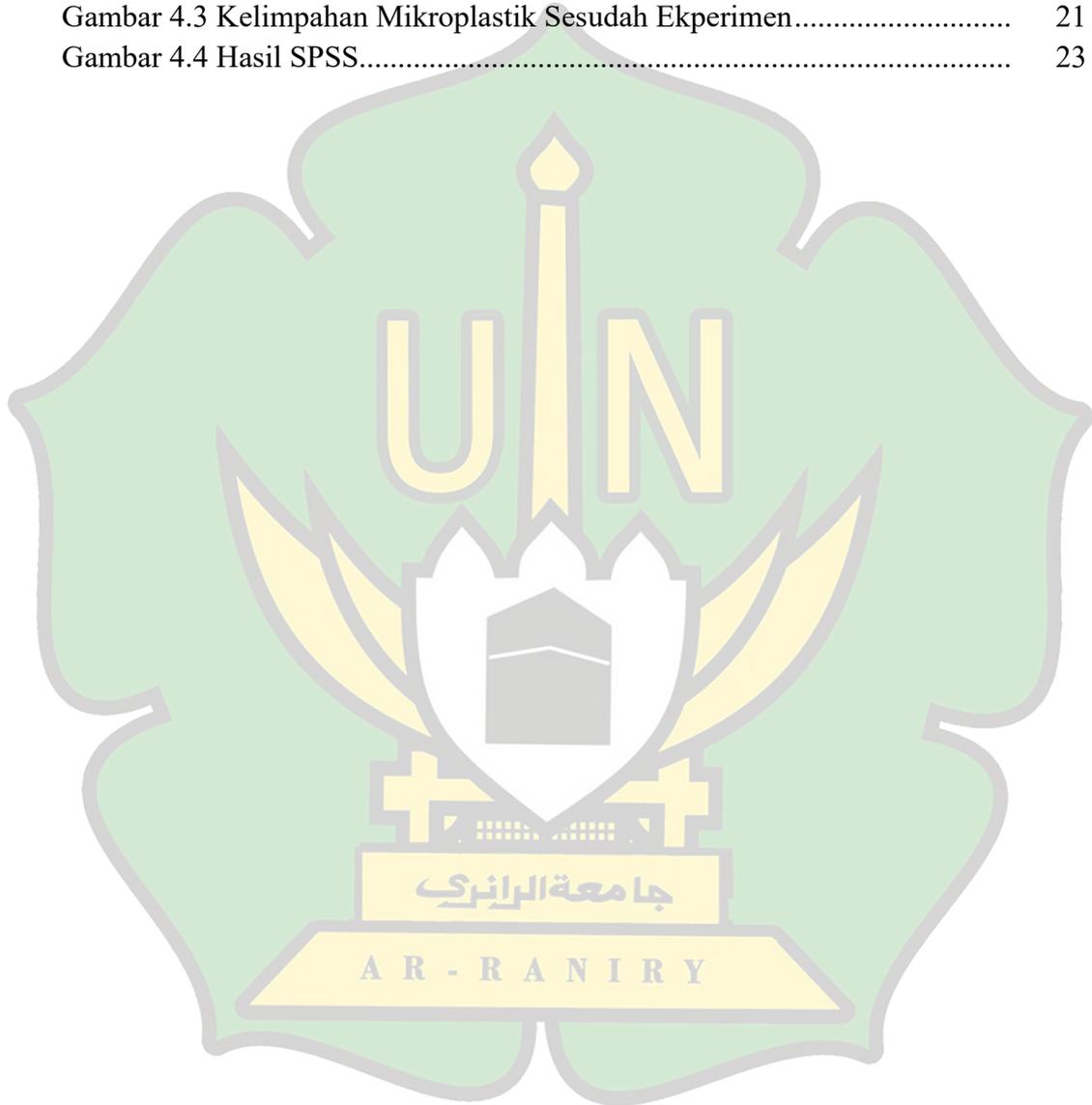
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Air Limbah <i>Laundry</i> .....	5
2.2 Mikroplastik .....	5
2.2.1 Kelimpahan Mikroplastik .....	6
2.2.2 Karakteristik Mikroplastik .....	6
2.4 Elektrokoagulasi .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Pengambilan Sampel Air Limbah <i>Laundry</i> .....	13
3.1.1 Lokasi Pengambilan Sampel .....	13
3.1.2 Teknik Pengambilan Sampel .....	14
3.2 Eksperimen .....	14
3.2.1 Bahan Eksperimen .....	14
3.2.2 Desain Reaktor Elektrokoagulasi .....	15
3.2.3 Desain Eksperimen .....	16
3.2.4 Prosedur Eksperimen Elektrokoagulasi .....	17
3.2.5 Prosedur Analisis Mikroplastik .....	17
3.2.6 Pengujian Spektroskopi .....	19
3.3 Analisis Data .....	19
3.3.1 Efektivitas .....	19
3.3.2 Analisis Statistik .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Limbah <i>Laundry</i> .....	21
4.2 Efektivitas Elektrokoagulasi .....	28

4.3	Pengaruh Waktu Kontak, Rapat Arus dan Jarak Antara Elektroda Terhadap Penyisihan Mikroplastik pada Air Limbah <i>Laundry</i> .....	22
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		32
5.1	Kesimpulan .....	32
5.2	Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		33
<b>LAMPIRAN</b> .....		38



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel .....	13
Gambar 3.2 Desain Reaktor .....	15
Gambar 3.3 Reaktor Elektrokoagulasi .....	16
Gambar 4.1 kelimpahan mikroplastik pada air limbah laundry .....	21
Gambar 4.2 Hasil analisis FTIR.....	26
Gambar 4.3 Kelimpahan Mikroplastik Sesudah Ekperimen.....	21
Gambar 4.4 Hasil SPSS.....	23



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Polimer .....	9
Tabel 3.1 Bahan yang digunakan untuk eksperimen.....	14
Tabel 3.2 Variabel Bebas .....	17
Tabel 4.1 Mikroplastik Berdasarkan Bentuk Dan Ukuran .....	23
Tabel 4.2 Mikroplastik Berdasarkan Warna .....	25
Tabel 4.3 Hasil Eksperimen Elektrokoagulasi .....	21



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Plastik telah menjadi ancaman lingkungan global yang serius. Menurut Forum Ekonomi Dunia, diperkirakan pada tahun 2050, bobot plastik di lautan akan melampaui bobot ikan. Jumlah plastik diperkirakan akan mencapai sekitar 850 juta hingga 950 juta ton. Polusi plastik merajalela di ekosistem dalam berbagai bentuk dan ukuran, mulai dari megaplastik hingga nanoplastik (Thushari, 2020). Dengan berlalunya waktu, sampah plastik yang telah terbuang ke lingkungan terurai menjadi mikroplastik.

Banyaknya mikroplastik di lingkungan disebabkan oleh kerusakan aksi mekanis dari plastik yang menyusut akibat degradasi sinar matahari (fotodegradasi), degradasi akibat makhluk hidup (biodegradasi), dan degradasi akibat suhu perairan (degradasi termal) (Hamdan, 2021). Mikroplastik tidak hanya berasal dari sampah-sampah yang mengalami degradasi, tetapi mikroplastik juga dihasilkan oleh kegiatan industri, salah satunya industri *laundry* (Hendrasarie, 2022). Perkembangan industri ini perlu mendapat perhatian karena pada umumnya para pelaku industri membuang air limbah langsung ke *drainase* (Sari dan Harahap, 2021).

Berdasarkan penelitian Rizkia (2022), mikroplastik yang terdapat pada air limbah *laundry* lebih didominasi oleh mikroplastik tipe serat. Mikroplastik tipe serat tersebut berasal dari serat sintetis pakaian yang terbuat dari plastik. Mikroplastik jenis ini memiliki ukuran 2 nm–15 mm. Kelimpahan mikroplastik tipe serat di air permukaan diketahui dapat mengganggu ekosistem yang ada di air seperti organisme yang meliputi plankton, phytoplankton dan ikan. Adapun dampak negatif akibat konsumsi mikroplastik yang tidak disengaja yaitu mengalami hambatan reproduksi, pengurangan kadar kalsium pada usus, metabolisme terganggu serta mengakibatkan stres (Hendrasarie, 2022). Mikroplastik memiliki sifat fisik hidrofobik dengan luas permukaan yang tinggi sehingga hanya menggumpal dan tidak bercampur dengan air. Berdasarkan sifat-sifatnya, maka mikroplastik rentan mengadropsi polutan dan mengandung bahan kimia yang ada

di perairan seperti *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) dan *Nonylphenols* (Fisner). Oleh karena itu diperlukan inovasi dalam mengolah air limbah *laundry* untuk meminimalisir adanya mikroplastik dan jenis pencemar lainnya.

Ada berbagai metode untuk menyisahkan mikroplastik pada air limbah, diantaranya filtrasi membran, koagulasi flokulasi, dan elektrokoagulasi serta beberapa metode lain (Hamdan, 2023). Menurut Saputra (2018), salah satu pendekatan inovatif dalam pengolahan air limbah *laundry* adalah metode elektrokoagulasi. Metode ini adalah proses elektrokimia yang menggabungkan flokulasi dan koagulasi, dan efektif dalam mengolah partikel koloid berukuran sangat kecil. Elektrokoagulasi dapat mengurangi polutan melalui pelepasan koagulan alami dari elektroda selama proses elektrolisis, mirip dengan penambahan koagulan menggunakan bahan kimia (Sowohy, 2020). Keunggulan lain dari elektrokoagulasi termasuk peralatan sederhana, waktu reaksi singkat, dan biaya perawatan yang relatif murah (Alqadri dan Agung, 2021).

Secara sederhana, elektrokoagulasi merupakan proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus yang terdapat di air dengan menggunakan energi listrik (Arifin, 2020). Penyisihan limbah organik dan anorganik pada proses elektrokoagulasi terjadi karena adanya adsorpsi pada permukaan partikel oleh koagulan yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi. Hal ini menyebabkan terbentuknya permukaan hidrofobik dan partikel-partikel hidrofobik akan menyatu, sehingga menyebabkan partikel dalam air limbah akan naik ke permukaan dengan bantuan gelombang gas yang terbentuk (Rahmayanti dan Rosariawari, 2021).

Berdasarkan penelitian Hendrasarie (2022), penggunaan elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al) untuk menyisahkan mikroplastik dalam air limbah *laundry*. Variabel dalam penelitian ini meliputi variasi kuat arus dan waktu kontak. Hasilnya menunjukkan bahwa metode ini mampu menghilangkan hingga 90% mikroplastik dalam waktu kontak 45 menit pada kuat arus 6 A dan kontrol pH 7,5. Namun, belum ada penelitian yang mengkaji tentang pengaruh jarak antar elektroda. Padahal informasi atau pengetahuan mengenai jarak antar elektroda di butuhkan untuk pengembangan teknologi dan penerapan secara teknis di lapangan. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukanlah penelitian ini dengan memvariasikan rapat arus, waktu kontak serta jarak antara elektroda.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana bentuk, warna dan jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam air limbah *laundry*?
2. Bagaimana efektivitas metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) dalam penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry*?
3. Bagaimana pengaruh waktu kontak, rapat arus dan jarak antara elektroda terhadap penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry* dengan metode elektrokoagulasi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui bentuk, warna dan mengetahui jenis polimer mikroplastik pada air limbah *laundry*.
2. Mengetahui efektivitas metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium (Al) dalam penyisihan mikroplastik dari air limbah *laundry*.
3. Mengetahui adanya pengaruh waktu kontak, rapat arus dan jarak antara elektroda terhadap penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry* dengan metode elektrokoagulasi.

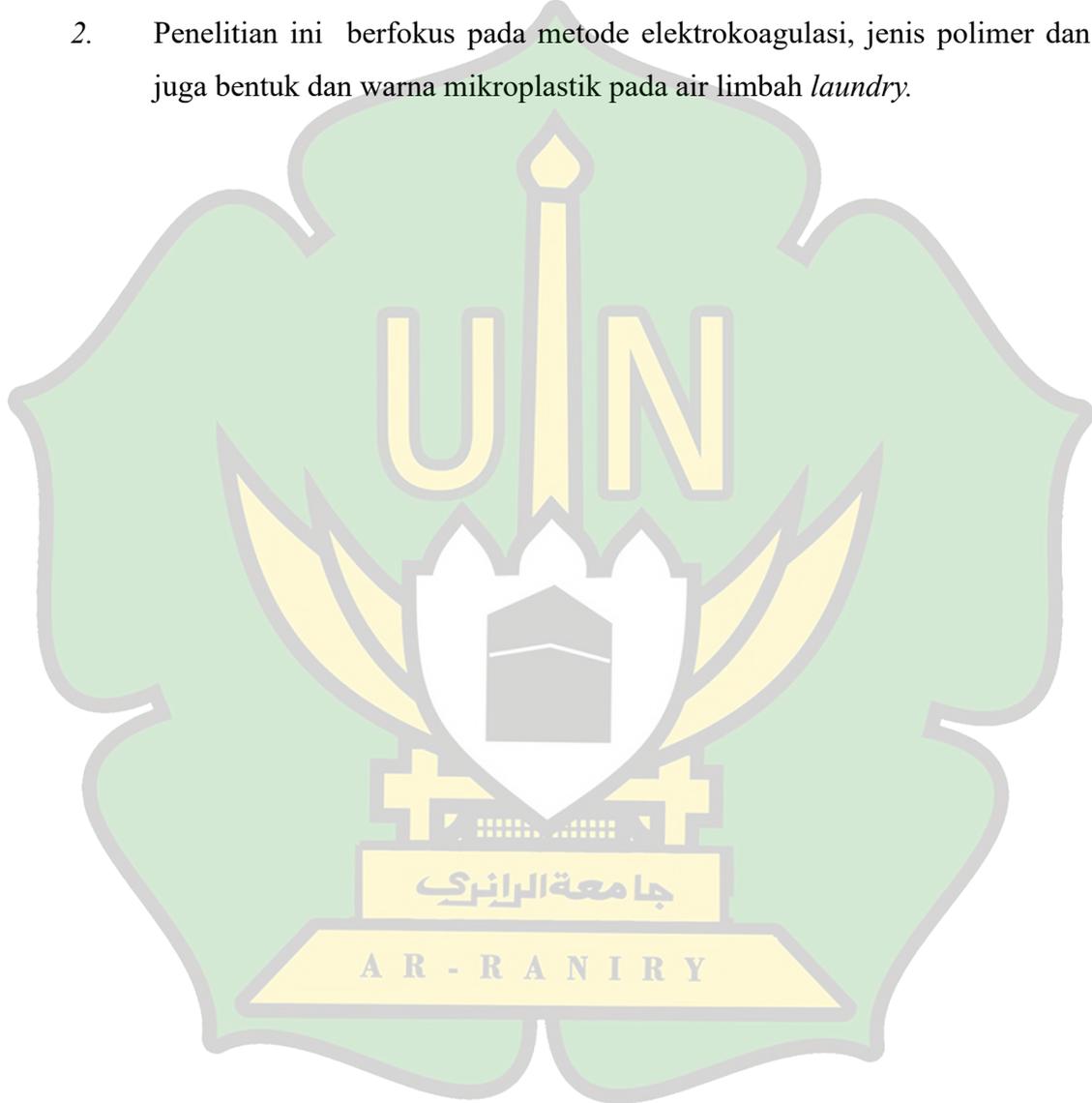
## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki potensi untuk menjadi landasan penting dalam pengembangan teknologi penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry*. Dengan menggunakan metode elektrokoagulasi, kita dapat membuka jalan baru dalam teknologi pengolahan limbah, khususnya dalam mengatasi masalah mikroplastik. Hasil dari penelitian ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi proses penyisihan, tetapi juga berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi polusi plastik.

### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada beberapa variabel bebas yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi, diantaranya yaitu variasi waktu kontak, rapat arus dan jarak antar elektroda terhadap penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry*.
2. Penelitian ini berfokus pada metode elektrokoagulasi, jenis polimer dan juga bentuk dan warna mikroplastik pada air limbah *laundry*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Limbah *Laundry*

Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan *laundry*, terutama yang menggunakan deterjen sebagai bahan pembersih utama, memiliki potensi untuk mencemari lingkungan (Hamdan dkk., 2023). Deterjen, yang umumnya terdiri dari surfaktan, *builder*, *bleaching agents*, dan *addictives*, memiliki keunggulan dibandingkan sabun biasa karena mampu bekerja efektif dalam air sadah dan larutan asam. Natrium tripolifosfat adalah komponen utama dalam deterjen, berfungsi sebagai surfaktan dan *builder*. Selain deterjen, bisnis *laundry* juga menggunakan bahan-bahan lain seperti pemutih, pelembut, dan pewangi (Apriyani, 2017).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa deterjen yang digunakan dalam layanan *laundry* mengandung mikroplastik. Misalnya, sebuah penelitian menemukan bahwa satu merek deterjen populer mengandung sekitar 178.000 mikrobutir dalam satu mililiter deterjen, yang setara dengan lebih dari 2,5 juta mikrobutir per beban cucian (Deroberts, 2019). Mikroplastik ini, bersama dengan serat plastik yang dilepaskan oleh pakaian sintesis selama pencucian, dapat berkontribusi pada polusi mikroplastik di lingkungan kita. Mikroplastik ini dapat lolos dari instalasi pengolahan air limbah dan mencemari sungai dan lautan kita (Prabhakar, 2019).

#### 2.2 Mikroplastik

Polutan plastik tersebar di ekosistem dalam berbagai bentuk atau morfologi, dengan variasi ukuran yang berbeda seperti megaplastik, mikroplastik, mesoplastik, mikroplastik dan nanoplastik (Jiang, 2020). Plastik bisa menjadi lebih menjadi masalah saat mereka pecah menjadi ukuran yang lebih kecil. Degradasi sampah plastik menghasilkan partikel plastik berukuran mikro yang disebut mikroplastik (Hamdan, 2021). Mikroplastik adalah sekumpulan bahan heterogen yang berbeda dalam sifat partikel, bentuk dan ukuran juga dalam komposisi kimianya. Mikroplastik memiliki partikel plastik berukuran  $<5$  mm. Dibagi menjadi enam

kelompok ukuran: kelompok 1 ( $48 \mu\text{m} - 0,5 \text{ mm}$ ), kelompok 2 ( $0,5-1 \text{ mm}$ ), kelompok 3 ( $1-2\text{mm}$ ), kelompok 4 ( $2-3 \text{ mm}$ ), kelompok 5 ( $3-4 \text{ mm}$ ) dan kelompok 6 ( $4-5 \text{ mm}$ ) (Zimmermann, 2020).

### **2.2.1 Kelimpahan Mikroplastik**

Beberapa studi sebelumnya telah mengkonfirmasi bahwa mikroplastik telah menyebar di berbagai lingkungan dan menimbulkan dampak negatif pada ekosistem dan organisme air dan daratan, termasuk di laut, muara, sungai, dan danau (Hamdan, 2023). Ini menggambarkan skala yang sangat luas dari penyebaran mikroplastik dan potensi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik yang tidak terkendali. Ini sejalan dengan pandangan Reynolds (2021) yang mengindikasikan bahwa mikroplastik hadir di berbagai tempat dalam lingkungan dan telah terdeteksi dalam berbagai media seperti air, udara, dan makanan. Produk makanan umum seperti ikan dan garam, serta minuman seperti air dan bir, secara reguler dilaporkan mengandung kontaminasi mikroplastik. Air diyakini menjadi sumber utama mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh manusia, diikuti oleh kerang. Semakin banyak penelitian yang mencatat keberadaan mikroplastik dalam berbagai sumber air minum, termasuk sungai, danau, air ledeng, dan air kemasan.

### **2.2.2 Karakteristik Mikroplastik**

Mikroplastik, menurut Widianarko dan Inneke (2018), dapat secara umum digolongkan berdasarkan karakteristik morfologi, termasuk bentuk, ukuran, dan warna. Sementara itu, menurut Crawford dan Quinn (2017), pengelompokan mikroplastik juga dapat dilakukan berdasarkan jenis polimer yang digunakan.

#### **a. Mikroplastik Berdasarkan Bentuk**

Mikroplastik dapat dikelompokkan berdasarkan bentuknya, yang mencakup kategori seperti serat atau filamen (yang bisa tipis atau berserat dan berbentuk lurus), pelet (berbentuk bulat dan keras), fragmen (partikel plastik keras dengan permukaan bergerigi), foam (berbentuk ringan dan menyerupai spons), atau film (memiliki bidang tipis) sesuai dengan penelitian Ariskha (2019). Terkadang, bentuk

mikroplastik juga dapat memberikan petunjuk tentang asal-usulnya, yang dapat disusun bersama dengan jenis polimer, seperti yang dijelaskan oleh Daud (2020).

- **Fiber**

Fiber memiliki karakteristik berupa serabut dan ketika terpapar cahaya atau sinar ultraviolet, cenderung berwarna biru dan bersinar terang, sebagaimana dijelaskan oleh Septian (2018). Fiber dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk tali pancing, pakaian, dan bahan tekstil lainnya, sesuai dengan penjelasan yang diberikan oleh Qiu dkk (2023). Berdasarkan penelitian GESAMP (2019) menjelaskan fiber sebagai bahan dengan serat panjang yang memiliki panjang jauh lebih besar daripada lebarnya. Bentuk ini biasanya ditemukan pada produk seperti pakaian bulu, popok, dan puntung rokok. Selain itu, mikroplastik berbentuk fiber bisa juga berasal dari air limbah yang mengandung serat pakaian dan dibuang ke sungai, seperti yang diungkapkan oleh Falco (2019). Daud (2020) juga menyebutkan bahwa fiber mikroplastik dapat berasal dari kain, jaring, tali pancing, dan tali lainnya.

- **Film**

Mikroplastik berbentuk film merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari proses fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan, dan biasanya memiliki densitas rendah sehingga memiliki penampilan seperti lembaran atau pecahan plastik, sesuai dengan penjelasan yang diberikan oleh Rochman dkk (2016). GESAMP (2019) juga menggambarkan film mikroplastik sebagai partikel yang datar dan fleksibel dengan tepi yang halus atau bersudut. Film ini memiliki ciri-ciri seperti transparan, tipis, dan bentuknya yang tidak beraturan, sebagaimana diungkapkan oleh Yudhantari (2019). Jenis mikroplastik ini biasanya berasal dari pecahan plastik yang tipis dan memiliki densitas sangat rendah sehingga dapat mengapung di air, seperti yang dijelaskan oleh Ayuningtyas (2019). Daud (2020) juga mencatat bahwa film dan lembaran mikroplastik biasanya berasal dari kantong plastik dan bahan kemasan.

- **Fragmen**

Fragmen adalah potongan kecil plastik yang terpecah dari produk plastik dengan polimer sintetis yang kuat dan memiliki ukuran yang lebih besar. Bentuk fragmen plastik bervariasi tergantung pada proses fragmentasi dan lamanya mereka

berada di lingkungan, oleh karena itu seringkali disebut sebagai partikel yang tidak beraturan, seperti kristal, bulu, bubuk, granula, potongan, atau serpihan, sebagaimana dijelaskan oleh Widianarko dan Inneke (2018). Menurut definisi GESAMP (2019), fragmen adalah partikel keras yang memiliki bentuk tidak beraturan, seringkali tampak seperti pecahan dari potongan sampah yang lebih besar. Fragmen biasanya berasal dari plastik yang awalnya memiliki ukuran besar dan kemudian terurai melalui paparan sinar ultraviolet yang terjadi di lingkungan sungai, sesuai dengan yang dinyatakan oleh Firdaus (2019). Selain itu, Septian (2018) juga menyebutkan bahwa fragmen dapat berasal dari botol plastik, sisa potongan pipa, toples, dan sumber-sumber lainnya. Meskipun demikian, Daud (2020) mencatat bahwa fragmen juga dapat berasal dari plastik keras melalui proses fragmentasi, dan dalam beberapa kasus, mikrobeads yang digunakan dalam produk kosmetik juga dapat memiliki bentuk tidak beraturan.

**b. Mikroplastik Berdasarkan Ukuran**

Ukuran partikel mikroplastik memiliki signifikansi yang besar karena memengaruhi sejumlah aspek penting. Ini termasuk tingkat penyerapan oleh organisme akuatik, waktu tinggal dalam saluran pencernaan, dan dampak biologis yang berpotensi merugikan pada organisme. Ukuran partikel juga berperan dalam menentukan efek racun, yang bisa bervariasi tergantung pada organisme yang menjadi sasaran dan titik akhir toksisitas. Namun, secara umum, ada kecenderungan bahwa semakin kecil ukuran partikel mikroplastik, semakin meningkat potensi toksisitasnya, sebagaimana dijelaskan oleh Daud (2020).

**c. Mikroplastik Berdasarkan Warna**

Pengklasifikasian berdasarkan warna dapat membantu dalam proses pemisahan mikroplastik ketika mereka tersebar di antara berbagai jenis sampah lainnya. Warna pada mikroplastik biasanya merupakan hasil dari proses pembuatan plastik. Mikroplastik memiliki beragam warna, termasuk transparan, kristal, putih, krem, merah, jingga, biru, buram, hitam, abu-abu, coklat, hijau, merah muda, coklat, kuning, dan beragam pigmen, sesuai dengan penjelasan Rochman dkk (2016). Berdasarkan warna tersebut, mikroplastik dapat dikelompokkan ke dalam

enam kategori, yaitu biru, hitam, kuning, transparan, putih, dan merah. Kategori biru mencakup berbagai varian warna biru seperti biru tua, biru muda, hijau tua, dan hijau muda, seperti yang dijelaskan oleh Peng dkk (2022). Qiu (2023) juga mencatat berbagai warna yang ditemukan pada mikroplastik, termasuk hitam, kuning, hijau, merah, hitam, ungu, biru, dan transparan.

#### d. Mikroplastik Berdasarkan Jenis Polimer

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau disebut monomer. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine 29 atau belerang (Rochman dkk., 2016). Mikroplastik dapat diidentifikasi melalui jenis serta nilai densitasnya. Nilai densitas partikel plastik dapat bervariasi tergantung pada jenis polimer dan proses pembuatannya, dimana densitas polimer plastik memiliki nilai berkisar antara 0,01 hingga 2,3 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabel 2. 1** Jenis Polimer

Jenis Polimer	Singkatan	Penggunaan Secara Umum
Polyethylene terephthalate	PET	Kemasan makanan, benang, material filler, botol minuman
High-density polyethylene	HDPE	Wadah bahan kimia, ember, pipa, kemasan makanan, rak plastik
Polyvinyl chloride	PVC	Wadah, kotak listrik, pipa, rangka jendela, insulator listrik, alas kaki, karpet
Low-density polyethylene	LDPE	Tas, botol olahraga, karton, furniture outdoor
Polypropylene	PP	Tutup botol, isolasi, pipa, tali
Polystyrene	PS	Pengemasan, insulator panas
Polycarbonate	PC	Compact disc, lensa lampu lalu lintas, perisai plastik, kacamata
Polyamide (nylon)	PA	Benang, senar
Polyester	PL	Tekstil

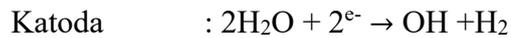
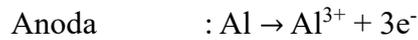
## 2.4 Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan salah satu strategi pengolahan limbah cair yang dapat digunakan untuk berbagai jenis limbah cair, dikarenakan mudah dalam penerapannya serta ramah lingkungan. Elektrokoagulasi merupakan gabungan proses koagulasi-flokulasi serta proses elektrokimia. Metode elektrokoagulasi dapat menurunkan berbagai jenis polutan. Pada metode ini menggunakan dua jenis elektroda yang dicelupkan ke dalam air limbah yaitu anoda dan katoda (Saputra dan Hanum, 2018). Prinsip kerja elektrokoagulasi yaitu menggunakan dua jenis elektroda (anoda dan katoda) yang ditempatkan pada sebuah wadah yang berisi sampel air (Sowohy, 2020). Elektrokoagulasi mengacu pada reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang dapat mengurangi kandungan mikroorganisme dalam air. Pada anoda akan terjadinya proses oksidasi, sedangkan pada katoda akan terjadinya peristiwa reduksi. Reaksi oksidasi dan reduksi terjadi karena adanya arus listrik yang searah Direct Current (DC) diberikan pada cairan elektrolit yang akan menghasilkan gas gelembung serta agen koagulasi (Agung, 2021).

Apabila pada suatu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda yang kemudian dialiri arus listrik searah, maka akan terjadinya proses elektrokimia. Ion positif (kation) bergerak ke katoda (elektroda negatif) dan akan terjadinya proses reduksi, sedangkan ion negatif (anion) bergerak ke anoda (elektroda positif) dan akan terjadinya proses oksidasi (Hasanah, 2020). Anoda akan melepaskan koagulan aktif yaitu ion  $Al^{3+}$  ke dalam larutan, sedangkan pada katoda akan terjadinya pelepasan gas hidrogen serta ion hidroksida ( $OH^-$ ) (Mulyadi., 2020). Pada proses elektrokimia terjadinya pelepasan  $Al^{3+}$  dari elektroda sehingga akan terbentuknya flok  $Al(OH)_3$  yang akan mengikat bahan-bahan pencemar dalam limbah.

Pada proses elektrokoagulasi, bahan pencemar akan teradsorpsi pada permukaan yang menyebabkan partikel naik ke atas permukaan, yang dibantu gelembung-gelembung gas yang dihasilkan sehingga mampu menyisihkan bahan-bahan pencemar. Pada proses elektrokoagulasi terjadi adsorpsi muatan negatif yang berasal dari air sampel yang mengandung larutan elektrolit dan pH yang tinggi, hal itu dikarenakan adanya polutan yang memiliki sifat hidrofobik sehingga permukaan polutan mengadsorpsi muatan negatif tersebut. Dengan adanya muatan negatif

menyelimuti partikel tersebut, maka terjadi gaya elektrostatis atau netralisasi muatan pada partikel tersebut. Pada metode elektrokoagulasi terdapat beberapa reaksi yang terjadi didalamnya, diantaranya sebagai berikut (Mulyani, 2017):



Sehingga reaksi yang terjadi sebagai berikut:

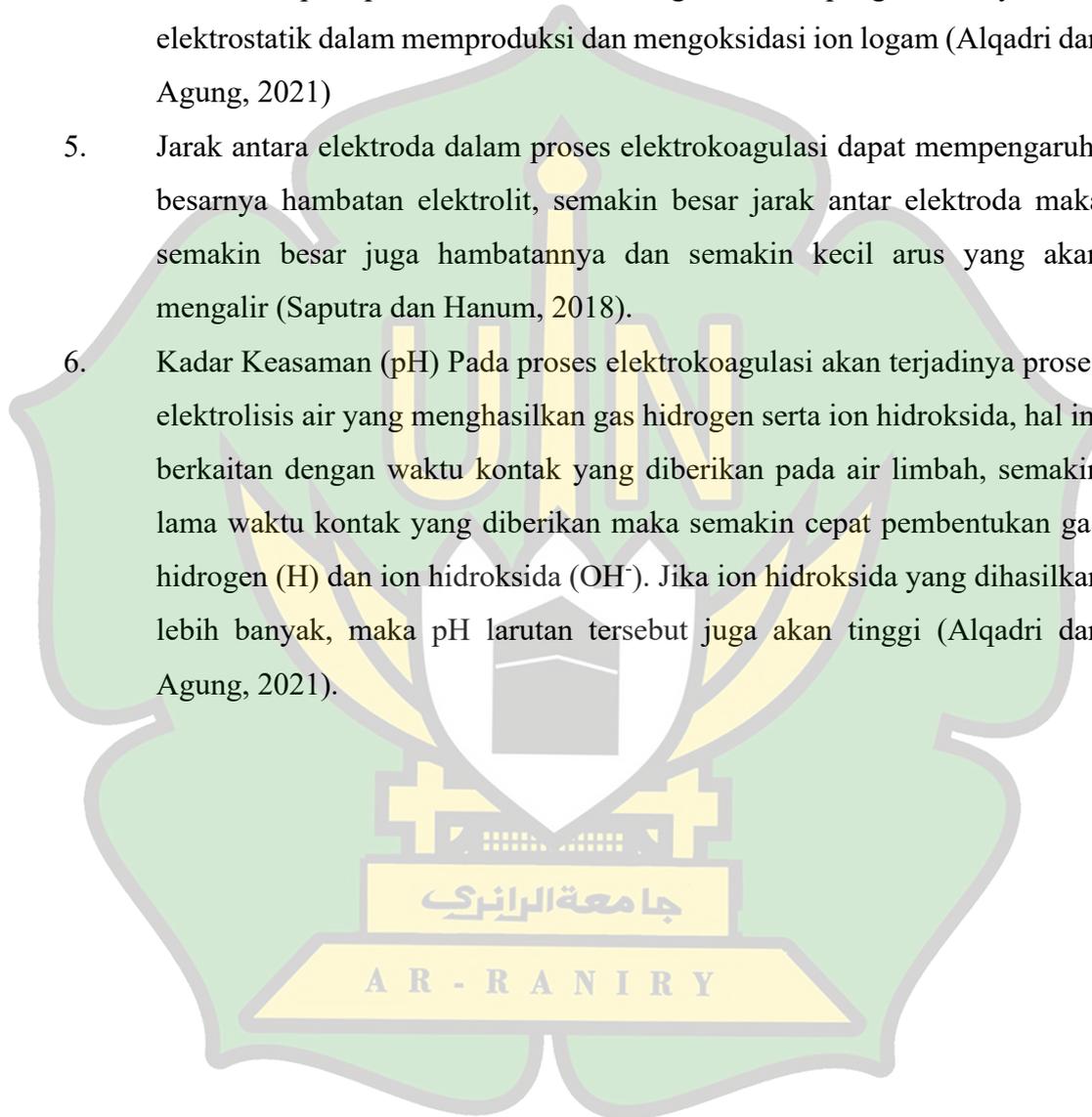


Beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi diantaranya yaitu :

1. Kerapatan arus (I) merupakan hubungan antara arus (i) yang mengalir pada elektroda dengan luas permukaan (s) dari elektroda. Dimensi dari rapat arus yaitu  $\text{A}/\text{m}^2$ . Kenaikan kerapatan arus listrik mampu mempercepat ion bermuatan membentuk endapan berupa flok-flok. Kerapatan serta kuat arus listrik yang tinggi akan mempercepat waktu pelepasan ion  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{OH}^-$  yang berperan sebagai koagulan. Kuat arus juga mempengaruhi jumlah gelembung yang terbentuk, gelembung tersebut yang akan membawa polutan ke permukaan sehingga bahan pencemar mudah untuk disisihkan (Alqadri dan Agung, 2021).
2. Waktu kontak merupakan faktor yang sangat mempengaruhi proses elektrokoagulasi, semakin lama waktu kontak yang diberikan maka semakin banyak ion-ion logam yang menempel pada elektroda. Waktu yang dibutuhkan pada suatu tahapan pengolahan sangat penting agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai (Hanum, 2018).
3. Tegangan listrik akan mempengaruhi perubahan kimia yang bergerak melewati logam atau larutan elektrolit akibat adanya perbedaan potensial (Edy Saputra, 2018). Semakin besar tegangan yang diberikan, maka akan mempercepat waktu pelepasan ion  $\text{Al}^{3+}$  dan potensi elektroda Aluminium

dalam melepas  $Al^{3+}$  semakin besar, sehingga flok  $Al(OH)_3$  yang dihasilkan juga semakin besar dan akan mengikat polutan yang lebih banyak pula. Tegangan yang tinggi juga mempengaruhi jumlah gelembung yang terbentuk, selanjutnya gelembung ini yang akan membawa bahan pencemar ke atas permukaan (Alqadri dan Agung, 2021).

4. Ketebalan plat pada sistem elektrokoagulasi mempengaruhi daya tarik elektrostatik dalam memproduksi dan mengoksidasi ion logam (Alqadri dan Agung, 2021)
5. Jarak antara elektroda dalam proses elektrokoagulasi dapat mempengaruhi besarnya hambatan elektrolit, semakin besar jarak antar elektroda maka semakin besar juga hambatannya dan semakin kecil arus yang akan mengalir (Saputra dan Hanum, 2018).
6. Kadar Keasaman (pH) Pada proses elektrokoagulasi akan terjadinya proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen serta ion hidroksida, hal ini berkaitan dengan waktu kontak yang diberikan pada air limbah, semakin lama waktu kontak yang diberikan maka semakin cepat pembentukan gas hidrogen ( $H$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ). Jika ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak, maka pH larutan tersebut juga akan tinggi (Alqadri dan Agung, 2021).



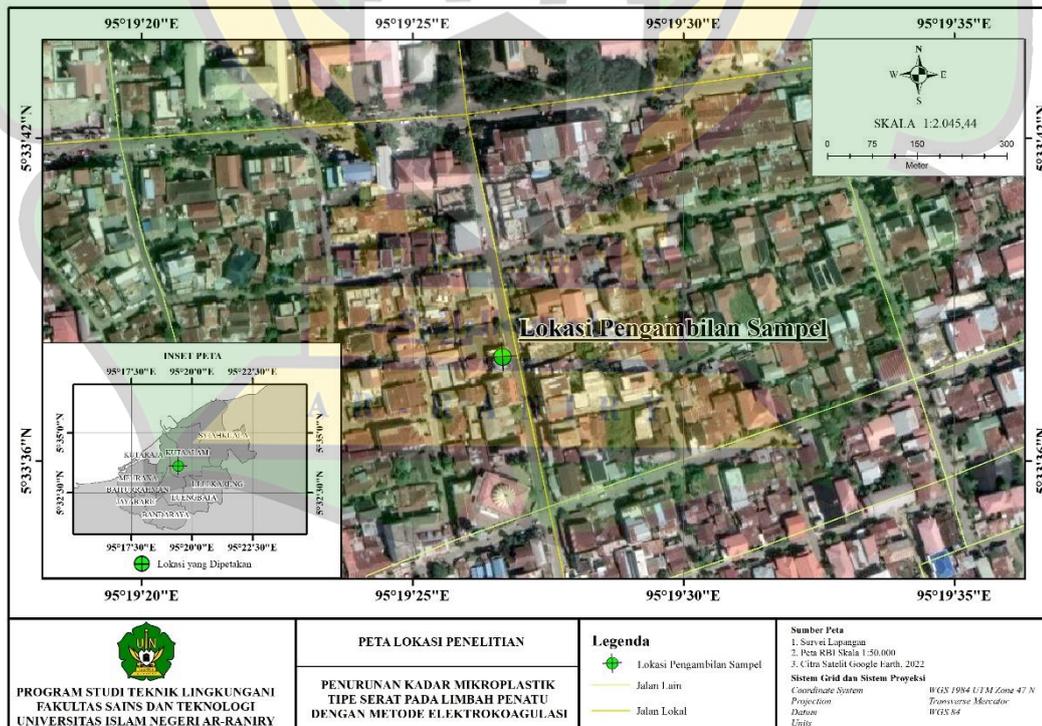
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pengambilan Sampel Air Limbah *Laundry*

##### 3.1.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Proses observasi dan pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pada salah satu usaha *laundry* yang berlokasi di desa Laksana, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Pemilihan lokasi ini dilakukan berdasarkan hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan pada usaha *laundry*, pada usaha ini telah teridentifikasi adanya mikroplastik. Gambar 3.2 menggambarkan peta lokasi yang memang lokasinya di sekitaran perumahan sehingga diperlukan pengolahan limbah sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Lokasi pembuatan reaktor, pengolahan air limbah *laundry* dan pemeriksaan karakteristik air limbah *laundry* yang sudah diolah dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry yang terletak di Kota Banda Aceh.



**Gambar 3.1** Peta lokasi pengambilan sampel

### 3.1.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel menggunakan *Grab Sampling* atau pengambilan sampel sesaat. Pengambilan sampel air limbah *laundry* diambil dengan prosedur sebagai berikut (SNI 6989.59:2008):

1. Sampel diambil langsung dari saluran air limbah *laundry* di desa Laksana, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh.
2. Sampel diambil pada jam 09.00 WIB menggunakan Gayung Bertangkai dan dimasukkan ke dalam jerigen dengan ukuran 10 liter, dengan ketentuan sesuai (SNI 6989.59:2008) sebagai berikut:
  - a. Tidak terbuat dari bahan yang mempengaruhi sifat.
  - b. Dapat dicuci dari bekas sebelumnya dengan mudah.
  - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa.
  - d. Mudah dipisahkan ke dalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya.
  - e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian.

## 3.2 Eksperimen

### 3.2.1 Bahan Eksperimen

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

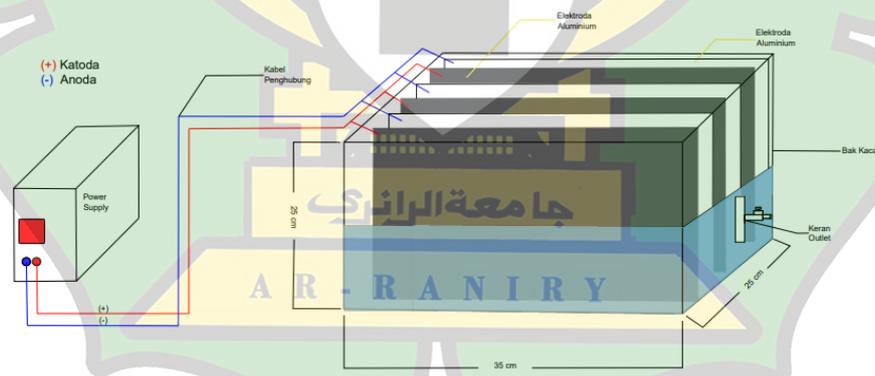
**Tabel 3.1** Bahan yang digunakan untuk eksperimen

No.	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
1.	Air Limbah <i>Laundry</i>	10 liter	1 Jerigen	Sampel Yang Akan Diteliti
2.	<i>Power Supply</i>	Tegangan 15 volt, Kuat Arus 2 Ampere	1 Buah	Sebagai Sumber Arus Pada Proses Elektrokoagulasi
3.	Bak Kaca	Ketebalan 5 mm, ukuran 35 cm x 25 cm x 25 cm	1 Buah	Sebagai Media Pembuatan Reaktor
4.	Plat aluminium	Ketebalan 1 mm, ukuran 30 cm x 15 cm	10 Buah	Sebagai Plat Elektroda Pada Proses Elektrokoagulasi
5.	Kabel Penghubung	-	6 Meter	Digunakan Untuk Menghubungkan Antara Plat Elektroda Dengan <i>Power Supply</i>
6.	Penjepit Buaya	-	10 Buah	Sebagai Penghubung Antara Plat Elektroda Dan Kabel Penghubung

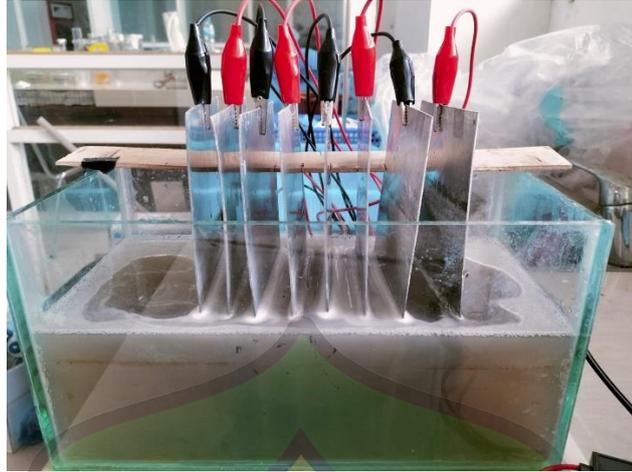
7.	Keran Air	-	1 Buah	Sebagai Tempat Keluar Sampel Yang Sudah Di Elektrokoagulasi
8.	Gayung	-	1 Buah	Untuk Pengambilan Sampel Limbah
9.	Corong	-	1 Buah	Sebagai Alat Bantu Untuk Memindahkan/Memasukkan Sampel Ke Wadah
10.	Jerigen	Ukuran 10 liter	1 Buah	Sebagai Wadah Untuk Menampung Sampel Limbah

### 3.2.2 Desain Reaktor Elektrokoagulasi

Desain elektrokoagulasi yang terbuat dari bak reaktor berbahan kaca memiliki ketebalan kaca 5 mm dengan ukuran 35cm x 25cm x 25cm. Pemilihan material kaca karena merupakan bahan yang transparan dan tidak menghantarkan listrik. Reaktor elektrokoagulasi juga terdiri dari pasangan plat aluminium dengan ketebalan 1 mm dan ukuran 30 cm x 15 cm pada masing-masing elektroda. Pemilihan material elektroda Aluminium dikarenakan logam ini relatif murah, mudah didapatkan, tidak beracun serta terbukti efektif. Reaktor ini dihubungkan dengan *power supply* untuk memberikan aliran listrik terhadap plat elektroda. Adapun desain reaktor elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Desain Reaktor



**Gambar 3.3** Reaktor Elektrokoagulasi

### 3.2.3 Desain Eksperimen

Adapun desain eksperimen disini terdiri dari variabel yang ditetapkan, variabel terikat dan variabel bebas, sebagai berikut:

1. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah beberapa faktor yang diperhatikan serta diukur untuk menentukan dampak dari variabel bebas. Variabel terkaitnya terdiri dari air limbah *laundry*, pengaruh nilai pH, penyisihan mikroplastik.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi perubahan untuk menentukan antara fenomena yang diamati. Variabel bebas pada penelitian ini adalah waktu kontak dan tegangan listrik. Waktu kontak merupakan faktor yang sangat mempengaruhi metode elektrokoagulasi, hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak yang diberikan maka semakin banyak ion-ion yang menempel pada elektroda. Waktu kontak yang divariasikan yaitu 30, 60 dan 90 menit. Sedangkan rapat arus yang divariasikan yaitu 40, 45 dan 50 A/m<sup>2</sup>. Variasi jarak antar elektroda yang digunakan yaitu 2 cm dan 3 cm seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Variabel Bebas

Rapat Arus ( $A/m^2$ )	Waktu (menit)	Jarak Elektroda (cm)
40	30	2
		3
	60	2
		3
	90	2
		3
45	30	2
		3
	60	2
		3
	90	2
		3
50	30	2
		3
	60	2
		3
	90	2
		3

### 3.2.4 Prosedur Eksperimen Elektrokoagulasi

Berikut ini adalah protokol eksperimen elektrokoagulasi yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Sampel dihomogenkan terlebih dahulu.
2. Sampel air limbah *laundry* dimasukkan ke dalam reaktor elektrokoagulasi sebanyak 10 liter.
3. plat Aluminium dipasang pada penyangga kayu dengan jarak 2 cm dan 3 cm.
4. Plat Aluminium disambung dengan kabel yang terhubung dengan *power supply*.
5. *Power supply* dinyalakan dengan rapat arus  $40 A/m^2$  selama 30 menit.
6. Prosedur 1 sampai 4 diulangi untuk waktu elektrokoagulasi 60 dan 90.
7. Prosedur 1 sampai 5 diulangi untuk variasi rapat arus  $45 A/m^2$  dan  $50 A/m^2$ .
8. Sampel diambil 500 ml untuk identifikasi jenis mikroplastik.

### 3.2.5 Prosedur Analisis Mikroplastik

Dalam penelitian ini analisis mikroplastik dilakukan di laboratorium menggunakan alat mikroskop binokuler dengan pembesar  $10 \times 4,5$ . Yang bertujuan

untuk mengetahui macam-macam bentuk mikroplastik yang terdapat pada sampel. Adapun tahapan dalam analisis mikroplastik sebagai berikut:

1. Sampel dimasukkan ke dalam beaker glass sebanyak 100 ml.
2. Tambahkan larutan natrium klorida (NaCl) sebanyak 3x berat sampel.
3. Sampel yang sudah ditambahkan larutan NaCl dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit.
4. Setelah dilakukan pengadukan, sampel didiamkan selama 6 jam, setelah sampel didiamkan ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> sebanyak 20 ml. Kemudian homogenkan sampel menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit.
5. Setelah dilakukan pengadukan, sampel didiamkan selama 48 jam, dan mikroplastik yang berukuran sedang akan berpisah dan berada dibagian atas.
6. Penyaringan mikroplastik yang di bagian atas menggunakan kertas saring Whatman No.42.
7. Identifikasi mikroplastik menggunakan binokuler dengan pembesar 10 x 4,5.
8. Identifikasi jenis polimer menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR).

Analisis kelimpahan mikroplastik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$K = n/m \dots \dots \dots (\text{pers. 2})$$

Dengan keterangan K adalah kelimpahan mikroplastik (partikel/kg), n adalah jumlah mikroplastik (partikel), dan m adalah massa sampel (kg). Jumlah mikroplastik (n) tersebut diperoleh dengan perhitungan secara manual melalui pengamatan yang dilakukan secara manual melalui pengamatan yang dilakukan setelah penyaringan sampel dan pengamatan jenis mikroplastik menggunakan mikroskop, adapun tata cara pengamatan mikroplastik melalui mikroskop sebagai berikut:

1. Preparat yang sudah disiapkan diletakkan di meja objek dan diatur posisinya agar tetap dibawah lensa objektif.
2. Gunakan pengaturan alat untuk menggeser kekanan, kekiri, depan dan belakang.
3. Intensitas cahaya diatur sehingga sinar melalui preparat sesuai kebutuhan.
4. Untuk pengaturan jarak, pertama digunakan pengaturan kasar lalu diikuti dengan pengaturan halus agar didapatkan bayangan mikroplastik yang jelas.
5. Setelah pengaturan jarak dan pengaturan intensitas cahaya sudah dipaskan, maka dilakukan pengamatan jenis mikroplastik berdasarkan referensi yang didapatkan.

### 3.2.6 Pengujian Spektroskopi

Sampel yang sudah dipraparasi selanjutnya akan dianalisa menggunakan metode *spektroskopi Fourier Transformation Infrared* (FTIR). Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut, spektrum IR di ukur dengan menghitung intensitas radiasi IR sebelum dan sesudah melewati sampel dan spektrum secara tradisional diplot dengan unit sumbu Y sebagai absorbansi atau transmitansi dan sumbu X sebagai unit bilangan gelombang. Hasil dari panjang gelombang tersebut kemudian dicocokkan dengan tabel instrumen FT-IR (Aprianto, 2018).

Spektrum inframerah mewakili sidik jari sampel (mikroplastik) dengan puncak serapan sesuai dengan frekuensi getaran antara ikatan atom penyusun bahan. Setiap bahan polimer yang berbeda juga akan menghasilkan spektrum inframerah yang berbeda karena tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum inframerah yang persis sama.

## 3.3 Analisis Data

### 3.3.1 Efektivitas

Tahapan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui persentase penyisihan mikroplastik sebelum menggunakan elektrokoagulasi dan sesudah menggunakan elektrokoagulasi pada air limbah *laundry*.

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{x-y}{x} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{pers. 3})$$

Dengan x adalah jumlah mikroplastik sebelum pengolahan air limbah dan y adalah jumlah mikroplastik setelah pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi (Chaerunnisa, 2021).

### 3.3.2 Analisis Statistik

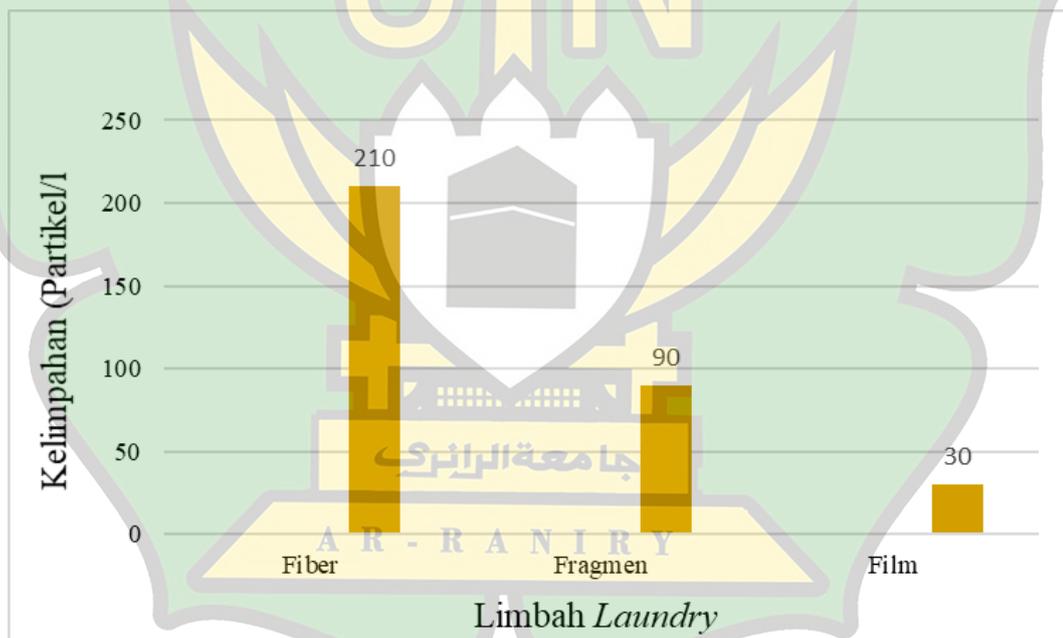
Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sebuah software untuk melakukan pengolahan data dan menganalisis data yaitu SPSS. SPSS (Software Statistical Product and Service Solution) merupakan program komputer statistik yang mampu memproses data statistik dengan akurat (Fauziah, 2019). Analisis yang digunakan adalah Analisis regresi linier berganda. Analisis regresi linier berganda merupakan hubungan linier antara dua atau lebih variabel indepen dengan variabel dependen. Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara variabel independen dan variabel dependen.

Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen dan variabel dependen mempunyai hubungan yang linear atau tidak. Uji ini digunakan untuk syarat dalam analisis regresi linear (Setiawan, 2020). Pengujian pada SPSS dengan menggunakan Test for Linearity dengan nilai signifikansi 0,05. Jika nilai probabilitas < 0,05 maka hubungan antara dua variabel dinyatakan linear. apabila nilai probabilitas > 0,05 maka hubungan antara kedua variabel dinyatakan tidak linear (Thein dkk., 2021). Hasil linearitas yang telah dilakukan menggunakan SPSS, hubungan antara variabel independen dan variabel dependen pada penelitian ini dinyatakan linear dikarenakan nilai signifikansi yang diperoleh.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Limbah *Laundry*

Hasil analisis air limbah *laundry* menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik. Berdasarkan pengamatan menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran  $10 \times 4.5$  (Gambar 4.1) ditemukan sebanyak 330 partikel/l. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi partikel mikroplastik dalam air limbah *laundry* lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk (2022), yang menyatakan kelimpahan mikroplastik pada air limbah *laundry* 4.000 partikel/l. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh jenis kain yang digunakan, jenis mesin, dan juga durasi proses pencucian.



Gambar 4.1 kelimpahan mikroplastik pada air limbah *laundry*

Keberadaan mikroplastik dalam air limbah *laundry* pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, serat sintesis yang terdapat dalam pakaian. Saat proses pencucian, serat-serat ini dapat terlepas dan berubah menjadi mikroplastik. Kedua, proses pencucian itu sendiri yang intensif dan

penggunaan deterjen dapat mempercepat pelepasan serat dari pakaian. Ketiga, kurangnya sistem filtrasi yang efektif pada mesin cuci untuk menangkap serat mikroplastik ini. Selain itu, air yang digunakan dalam proses pencucian juga dapat menjadi sumber mikroplastik jika air tersebut sudah terkontaminasi. Bahkan, udara yang telah terkontaminasi mikroplastik, melalui debu yang beterbangan dapat menempel pada pakaian dan terlepas saat proses pencucian, sehingga ikut berkontribusi pada keberadaan mikroplastik dalam air limbah *laundry*. Penelitian Zhang dkk (2022) dan Almroth (2017), menunjukkan bahwa bahan kain, proses tekstil, dan ketebalan pakaian dapat mempengaruhi keberadaan mikroplastik dalam air limbah *laundry*.

Berdasarkan pengamatan, ditemukan hanya ada 3 jenis bentuk mikroplastik yaitu Fiber, Fragmen dan Film. Fiber adalah bentuk yang paling banyak ditemukan dengan jumlah mikroplastik fiber pada air limbah *laundry* sebanyak 210 partikel/l. Fiber berasal dari serat sintesis pakaian yang berbahan dasar plastik seperti polyester, nilon dan akrilik. Berdasarkan Galvao (2020), proses adanya mikroplastik jenis fiber di air limbah *laundry* dimulai saat kita mencuci pakaian kita. Saat kita mencuci pakaian, terutama yang terbuat dari bahan sintesis seperti poliester dan nilon, serat mikroplastik dilepaskan ke dalam air limbah. Pada saat pencucian, gesekan antara pakaian dan mesin cuci, serta antara pakaian itu sendiri, menyebabkan serat mikroplastik terlepas dari kain. Penelitian Zhang dkk (2022), mengatakan Faktor lain yang mempengaruhi jumlah serat yang terlepas termasuk jenis kain, suhu air, dan durasi pencucian. Menurut Galvao (2020), jenis mesin yang digunakan juga berpengaruh terhadap pelepasan mikroplastik.

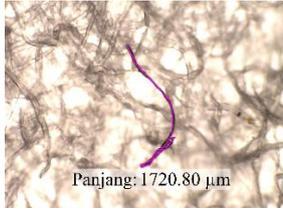
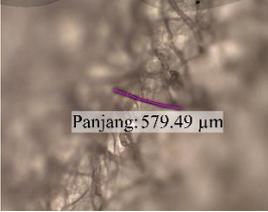
Berdasarkan (Gambar 4.1) dapat dilihat mikroplastik jenis fragmen cenderung lebih sedikit dari pada mikroplastik jenis fiber. Proses adanya mikroplastik jenis fragmen di air limbah *laundry* dimulai saat kita mencuci pakaian. Saat kita mencuci pakaian, terutama yang terbuat dari bahan sintesis seperti poliester dan nilon, fragmen mikroplastik dapat terlepas dan masuk ke dalam air limbah. Zhang dkk (2022), mengatakan bahwa fragmen mikroplastik biasanya berasal dari kerusakan fisik produk plastik yang lebih besar selama proses pencucian. Misalnya, kantong plastik atau wadah plastik yang rusak dapat menghasilkan fragmen mikroplastik. Selain itu, produk deterjen dan pelembut

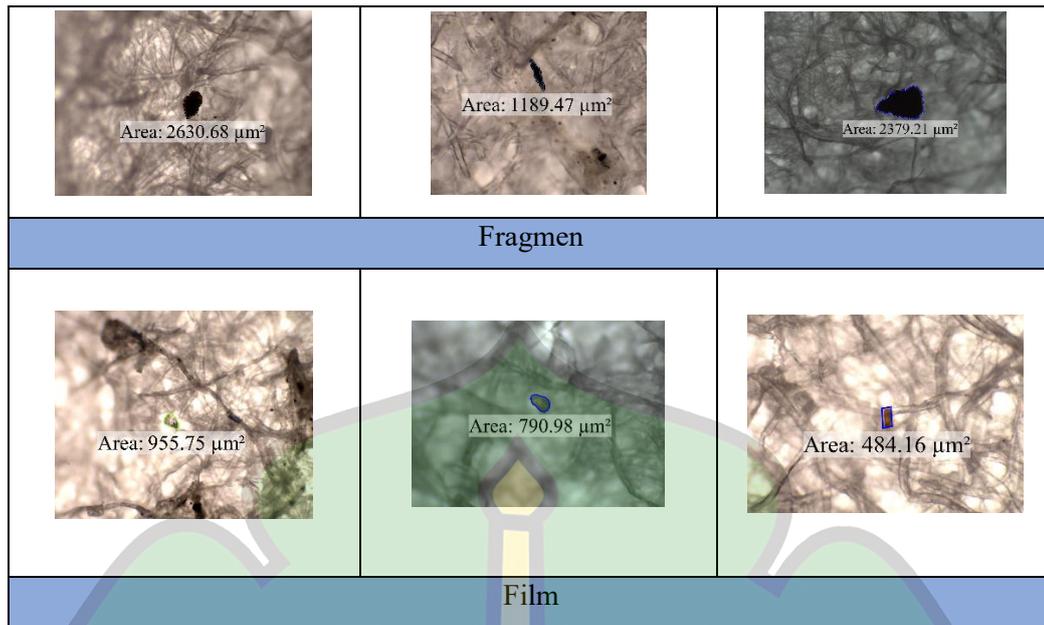
pakaian juga dapat mengandung mikroplastik yang dapat dilepaskan ke dalam air limbah selama pencucian.

Mikroplastik, yang biasanya berasal dari serat sintetis dalam pakaian, sering kali terlepas dan menjadi bagian dari air limbah *laundry* selama proses pencucian. Dalam konteks ini, mikroplastik jenis fragmen dan fiber mungkin lebih umum dibandingkan dengan jenis film. Menurut Galvao (2020), ada beberapa alasan yang mungkin menjelaskan mengapa mikroplastik jenis film lebih jarang ditemukan dalam air limbah *laundry* dibandingkan dengan jenis fragmen dan fiber. Pertama sumber mikroplastik, mikroplastik dalam air limbah *laundry* biasanya berasal dari serat pakaian, sehingga jenis fragmen dan fiber mungkin lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan jenis film yang biasanya berasal dari plastik pembungkus. Kedua proses pencucian, proses pencucian mungkin lebih cenderung melepaskan fragmen dan fiber dari pakaian dibandingkan dengan film plastik. Ketiga filtrasi, banyak mesin cuci dilengkapi dengan filter yang dirancang untuk menangkap partikel besar. Mikroplastik jenis film lebih mungkin untuk ditangkap oleh filter ini dibandingkan dengan jenis fragmen dan fiber.

Mikroplastik pada air limbah *laundry* tidak hanya berasal dari serat pakaian, mikroplastik juga bisa berasal dari udara. Fiyanda (2022), mengatakan bahwa mikroplastik di udara, yang juga dikenal sebagai mikroplastik atmosferik, yaitu mikroplastik yang berterbangan di udara sekitar kita, bersama dengan debu atau partikel kecil lainnya. Dengan banyaknya mikroplastik di udara hal ini bisa berpotensi untuk mikroplastik menempel pada pakaian. Berdasarkan pengamatan menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 10x4.5, bentuk mikroplastik yang ditemukan pada sampel air limbah *laundry* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Mikroplastik Berdasarkan Bentuk Dan Ukuran

		
Fiber		



Hasil uji mikroskop dan pengukuran menggunakan aplikasi image raster telah mengungkapkan variasi ukuran yang signifikan dalam mikroplastik yang diamati. Untuk ukuran mikroplastik jenis fiber, rentang ukuran yang terukur mulai dari 2868,03  $\mu\text{m}$  (ukuran terbesar) hingga 231,97  $\mu\text{m}$  (ukuran terkecil), sedangkan rata-rata ukuran sekitar 1246,59  $\mu\text{m}$ . Pada mikroplastik jenis fragmen, ukuran area yang diukur bervariasi dari 2630,68  $\mu\text{m}^2$  (ukuran terbesar) hingga 411,42  $\mu\text{m}^2$  (ukuran terkecil), dengan rata-rata ukuran area sekitar 1759,11  $\mu\text{m}^2$ . Sementara itu, pada mikroplastik jenis film, ukuran area berkisar antara 955,75  $\mu\text{m}^2$  (ukuran terbesar) hingga 484  $\mu\text{m}^2$  (ukuran terkecil), dengan rata-rata ukuran area sekitar 743,63  $\mu\text{m}^2$ .

Hasil ini menunjukkan keragaman yang cukup besar dalam ukuran mikroplastik yang ditemukan, baik dalam Panjang maupun area permukaan. Pada penelitian ini fiber diukur berdasarkan Panjang sedangkan fragmen dan film diukur berdasarkan area. Adanya perbedaan ukuran mikroplastik pada air limbah *laundry* bisa disebabkan oleh jenis pakaian, pakaian yang terbuat dari berbagai jenis bahan sintetis seperti polyester, nilon dan akrilik dapat melepaskan serat plastik yang berbeda ukurannya selama pencucian. Berdasarkan Junardi dkk (2022). Usia dan kualitas pakaian juga berpengaruh terhadap ukuran mikroplastik, karena lebih tua atau yang dibuat dengan kualitas rendah cenderung lebih banyak melepaskan serat plastik. Menurut Zhang dkk (2022), ukuran rata-rata mikroplastik jenis fiber pada

air limbah *laundry* adalah 2258,59  $\mu\text{m}$  sedangkan ukuran fragmen sekitar 500  $\mu\text{m}^2$ . Pengaturan mesin cuci seperti suhu air dan siklus pencucian dapat mempengaruhi jumlah dan ukuran mikroplastik yang dilepaskan, dan yang terakhir produk pencuci, ini juga berpengaruh, deterjen dan pelembut pakaian dapat mempengaruhi struktur dan integritas pakaian yang dapat mempengaruhi jumlah dan ukuran serat plastik yang dilepas (rizkia, 2022).

Selain bentuk, mikroplastik juga dapat dikelompokkan berdasarkan warna, pada Tabel 4.2 Menunjukkan terdapat beberapa kelompok warna dari partikel mikroplastik yaitu hitam, biru, merah, coklat dan transparan. Dari hasil penelitian secara keseluruhan mikroplastik dominan berwarna biru pada jenis mikroplastik fiber, sedangkan pada fragmen mikroplastik lebih dominan pada warna hitam dan pada film mikroplastik lebih dominan pada transparan.

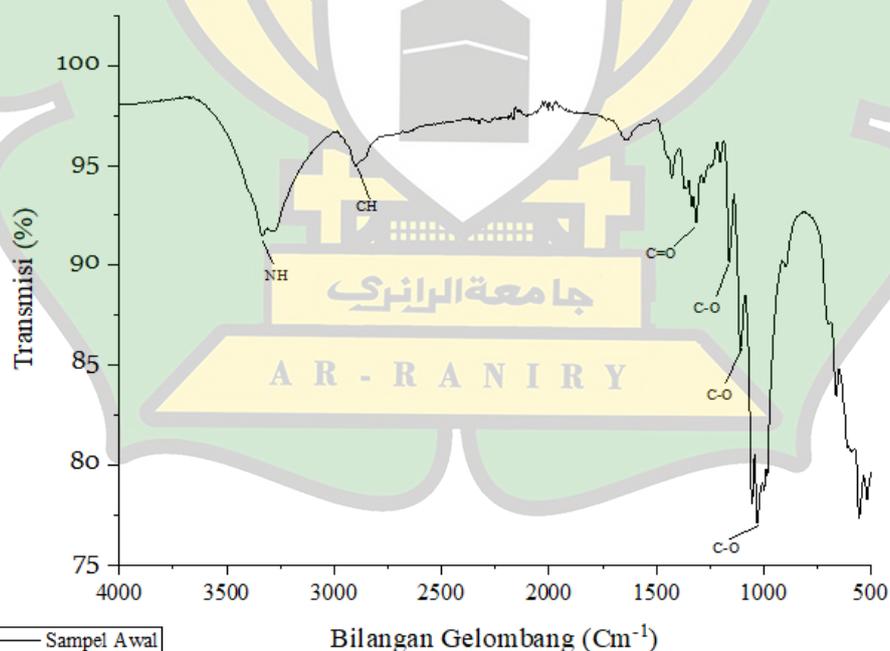
**Tabel 4.2** Mikroplastik Berdasarkan Warna

Kode Sampel	Keterangan	Warna				
		Hitam	Biru	Merah	Coklat	Transparan
Sampel Awal	Fiber	4	13	2	2	
	Fragmen	6		3		
	Film	1				2

Berdasarkan Tabel 4.2, terdapat beberapa kelompok warna dari partikel mikroplastik, yaitu biru (13 partikel), hitam (11 partikel), merah (5 partikel), coklat (2 partikel), dan transparan (2 partikel). Dengan demikian, karakteristik berdasarkan warna pada air limbah *laundry* didominasi oleh warna biru. Menurut Deroberts (2019), warna mikroplastik dapat dipengaruhi oleh jenis tekstil yang dicuci dan deterjen yang digunakan. Misalnya, deterjen pencuci pakaian juga mengandung mikroplastik berupa mikrobutiran. Oleh karena itu, warna mikroplastik dalam air limbah *laundry* dapat berbeda-beda tergantung pada berbagai faktor tersebut. Mikroplastik memiliki banyak warna, tergantung warna produk awal. Sebagai contoh, jika pakaian berwarna merah, maka mikroplastik yang terbentuk juga berwarna merah. Berdasarkan warna, mikroplastik dapat dikategorikan menjadi enam warna menurut Peng dkk (2022), yaitu biru, hitam, kuning, transparan, putih, dan merah. Warna biru mencakup warna biru, biru tua, biru muda, hijau tua, dan hijau muda. Sedangkan menurut Qiu (2023), warna

dikategorikan menjadi delapan, yaitu hitam, kuning, hijau, merah, hitam, ungu, biru, dan transparan.

Setelah sampel diuji dengan mikroskop, tahap berikutnya adalah analisis kandungan polimer mikroplastik untuk menentukan jenis polimer menggunakan analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Mengetahui jenis polimer mikroplastik dapat membantu dalam identifikasi dan analisis kandungan mikroplastik dalam berbagai sampel, termasuk air limbah *laundry*. Karakteristik mikroplastik, seperti jenis polimer, dapat mempengaruhi bagaimana mikroplastik berinteraksi dengan lingkungan dan organisme hidup (Rahmatillah, 2022). Misalnya, beberapa jenis polimer mungkin lebih mudah terurai di lingkungan dibandingkan yang lain atau mungkin memiliki afinitas yang berbeda untuk polutan tertentu. Pengetahuan tentang jenis polimer juga dapat membantu dalam strategi pengolahan sampah plastik dan upaya mengurangi dampak mikroplastik itu sendiri. Hasil analisis FTIR dikonfirmasi dengan gugus fungsi yang menunjukkan bahwa ada beberapa jenis polimer mikroplastik seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Hasil analisis FTIR

Gambar 4.2 adalah berdasarkan hasil spektroskopi inframerah, beberapa puncak penting telah terdeteksi. Puncak di sekitar 3500 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya

gugus NH atau ikatan hidrogen. Selanjutnya, puncak di sekitar  $3000\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan gugus CH, yang mungkin merujuk pada gugus metil ( $\text{CH}^3$ ) atau metilen ( $\text{CH}^2$ ). Beberapa puncak terdeteksi di antara  $1750$  dan  $1000\text{ cm}^{-1}$ , menunjukkan adanya beberapa gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ). Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beberapa jenis polimer mikroplastik mungkin telah berhasil diidentifikasi, termasuk *Polyethylene terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *Polyamides* (PA), *Polystyrene* (PS), dan *High Density Polyethylene* (HDPE).

Polimer PET (*Polyethylene Terephthalate*) memiliki gugus fungsi utama berupa gugus ester. Gugus  $\text{C}=\text{O}$  (karbonil) pada ester biasanya muncul pada bilangan gelombang sekitar  $1710\text{ cm}^{-1}$  dan gugus  $\text{C}-\text{O}$  (eter) muncul pada bilangan gelombang sekitar  $1100-1300\text{ cm}^{-1}$ . Mikroplastik berbahan PET umumnya digunakan dalam pembungkus minuman ringan dan botol air sekali pakai karena memiliki sifat yang halus, transparan, dan tipis, PET juga sering digunakan dalam produksi pakaian dan karpet. Polimer PP (*Polypropylene*) memiliki gugus fungsi utama berupa gugus hidrokarbon. Gugus  $\text{C}-\text{H}$  biasanya muncul pada bilangan gelombang sekitar  $2947\text{ cm}^{-1}$ ,  $2920\text{ cm}^{-1}$ ,  $2833\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1451\text{ cm}^{-1}$ . Mikroplastik jenis PP memiliki karakteristik yang lebih kuat dan ringan, dengan daya tembus uap yang rendah dan biasanya ditemukan dalam produk seperti tutup botol, sedotan, mainan plastik dan serat pakaian.

Polimer PA (*Polyamide*) memiliki gugus fungsi utama berupa gugus amida. Gugus  $\text{C}=\text{O}$  (karbonil) pada amida biasanya muncul pada bilangan gelombang sekitar  $1630-1650\text{ cm}^{-1}$ , gugus  $\text{N}-\text{H}$  muncul pada bilangan gelombang sekitar  $3300\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus  $\text{C}-\text{N}$  muncul pada bilangan gelombang sekitar  $1024\text{ cm}^{-1}$ . Poliamida berasal dari serat kain yang terlepas pada saat proses pencucian. Polimer PS (*Polystyrene*) memiliki gugus fungsi utama berupa gugus hidrokarbon. Gugus  $\text{C}-\text{H}$  biasanya muncul pada bilangan gelombang sekitar  $2920\text{ cm}^{-1}$  dan  $2850\text{ cm}^{-1}$  dan gugus  $\text{C}=\text{C}$  muncul pada bilangan gelombang sekitar  $1600\text{ cm}^{-1}$ . Polistirena umumnya digunakan dalam pembungkus, isolasi, serta kemasan produk makanan dan minuman, polistirena juga dapat digunakan dalam produksi tekstil, termasuk pakaian.

Polimer HDPE (*High Density Polyethylene*) memiliki gugus fungsi utama berupa gugus hidrokarbon. Gugus  $\text{C}-\text{H}$  biasanya muncul pada bilangan gelombang

sekitar  $2920\text{ cm}^{-1}$  dan  $2850\text{ cm}^{-1}$ . Menurut Crowford dkk (2017), HDPE sering digunakan dalam berbagai produk, termasuk tas belanja, botol susu, wadah jus, botol shampoo, dan botol obat. HDPE sering ditemukan dalam air limbah *laundry* karena banyak digunakan dalam pembuatan wadah untuk produk-produk seperti deterjen dan shampoo. HDPE juga dikenal lebih stabil daripada PET. Setiap jenis polimer memiliki karakteristik yang berbeda, termasuk kekuatan, kepadatan, dan potensi dampaknya terhadap organisme dan ekosistem. Namun, perlu diingat bahwa beberapa penelitian telah mencatat bahwa HDPE dapat melepaskan senyawa kimia yang berpotensi merusak sistem hormon manusia jika terpapar sinar *ultraviolet*. Oleh karena itu, pemahaman lebih lanjut mengenai efek kesehatan dan lingkungan dari mikroplastik HDPE sangat penting untuk mengevaluasi risiko potensial dan mengambil tindakan yang sesuai dalam pengelolaan limbah plastik.

#### 4.2 Efektivitas Elektrokoagulasi

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, elektrokoagulasi dapat menyisihkan partikel mikroplastik pada air limbah *laundry*. Analisis awal dilakukan terdapat mikroplastik sebanyak 330 partikel/l. Sebelum sampel dianalisis dan dieksperimenkan, sampel harus dihomogenkan terlebih dahulu. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sampel yang diambil mewakili populasi secara akurat, data yang diperoleh konsisten, bias atau standar deviasi berkurang dan akurasi hasil pengujian optimal. Berikut adalah Tabel 4.3 yang menunjukkan hasil dari eksperimen elektrokoagulasi.

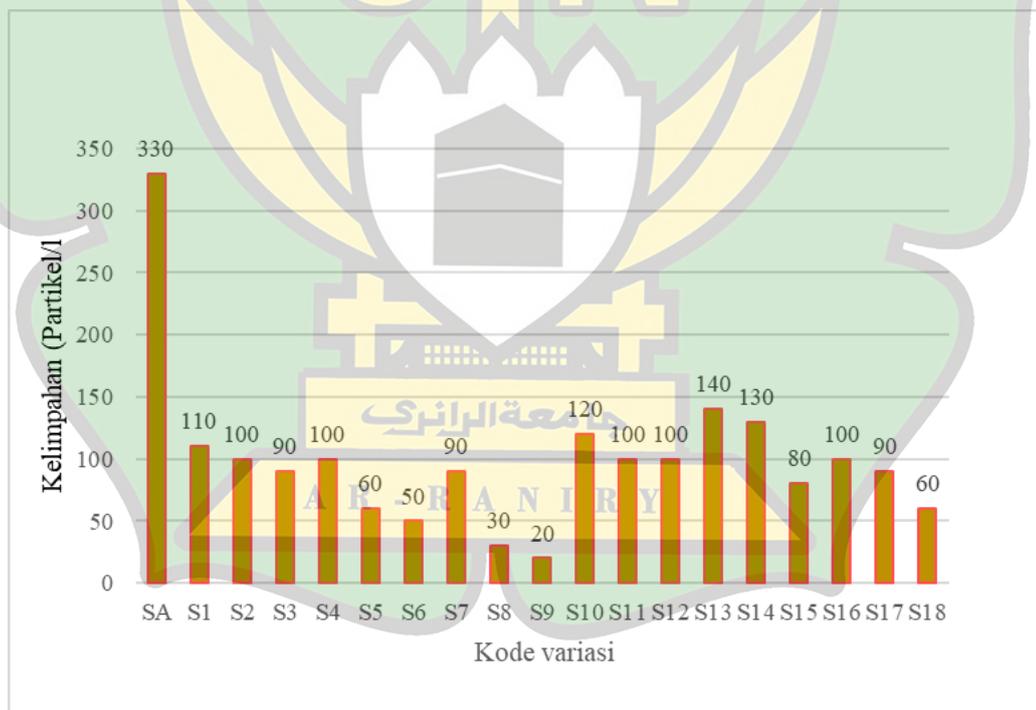
جامعة الرانري

AR - RANIRY

**Tabel 4.3 Hasil Eksperimen Elektrokoagulasi**

Kode	Rapat Arus	Jarak (Cm)	Waktu (Menit)	Berat Sampel		Kelimpahan Sampel Awal	Jenis Kelimpahan Partikel/ 100ml			Kelimpahan (Partikel/l)	Efektivitas
				(ml)	(L)		Fiber	Fragmen	Film		
S1	40	2	30	100	0,1	330	4	4	3	110	66,7
S2			60	100	0,1	330	2	6	2	100	69,7
S3			90	100	0,1	330	4	4	1	90	72,7
S4		3	30	100	0,1	330	8	1	1	100	69,7
S5			60	100	0,1	330	4	1	1	60	81,8
S6			90	100	0,1	330	4	1	0	50	84,8
S7	45	2	30	100	0,1	330	5	3	1	90	72,7
S8			60	100	0,1	330	2	1	0	30	90,9
S9			90	100	0,1	330	2	0	0	20	93,9
S10		3	30	100	0,1	330	8	2	2	120	63,6
S11			60	100	0,1	330	5	3	2	100	69,7
S12			90	100	0,1	330	8	2	0	100	69,7
S13	50	2	30	100	0,1	330	6	5	3	140	57,6
S14			60	100	0,1	330	8	4	1	130	60,6
S15			90	100	0,1	330	5	1	2	80	75,8
S16		3	30	100	0,1	330	7	2	1	100	69,7
S17			60	100	0,1	330	4	3	2	90	72,7
S18			90	100	0,1	330	4	2	0	60	81,8

Berdasarkan Tabel diatas, setelah dilakukannya proses elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus  $40 \text{ A/m}^2$ , waktu kontak 30 menit, dan jarak antar elektroda 2 cm, kelimpahan partikel berkurang menjadi 110 partikel/l, dengan komposisi 40 fiber, 40 fragmen, dan 30 film. Peningkatan waktu kontak menjadi 60 menit menghasilkan penurunan kelimpahan partikel menjadi 100 partikel/l, dengan komposisi 20 fiber, 60 fragmen, dan 20 film. Sementara itu, variasi rapat arus  $45 \text{ A/m}^2$  dan waktu kontak 30 menit menghasilkan kelimpahan partikel menjadi 120 partikel/l, dengan komposisi 80 fiber, 20 fragmen, dan 20 film. Variasi rapat arus  $50 \text{ A/m}^2$  dan waktu kontak 30 menit juga menghasilkan peningkatan kelimpahan partikel menjadi 140 partikel/l, dengan komposisi 60 fiber, 50 fragmen, dan 30 film. Secara umum, proses elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus, waktu kontak, dan jarak antar elektroda berpengaruh terhadap kelimpahan partikel mikroplastik dalam sampel air limbah laundry. Grafik 4.3 memperlihatkan data kelimpahan mikroplastik hasil eksperimen menggunakan metode elektrokoagulasi.



**Gambar 4.3** Kelimpahan Mikroplastik Sesudah Ekperimen

Efektivitas penurunan kelimpahan mikroplastik menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus (J), waktu kontak (W), dan jarak antar

elektroda (S). Berdasarkan Gambar diatas, pada variasi pertama (S1), dengan rapat arus  $40 \text{ A/m}^2$ , waktu kontak 30 menit, dan jarak antar elektroda 2 cm, efektivitasnya mencapai 66,7%. Peningkatan waktu kontak menjadi 60 menit (S2) dan 90 menit (S3) menghasilkan peningkatan efektivitas menjadi 69,7% dan 72,7% secara berturut-turut. Ketika jarak antar elektroda ditingkatkan menjadi 3 cm dengan waktu kontak 30 menit (S4), 60 menit (S5), dan 90 menit (S6), efektivitasnya meningkat menjadi 69,7%, 81,8%, dan 84,8% secara berturut-turut. Peningkatan rapat arus menjadi  $45 \text{ A/m}^2$  dan  $50 \text{ A/m}^2$  juga menghasilkan variasi dalam efektivitas, dengan nilai tertinggi 93,9% dicapai pada variasi S9 (rapat arus  $45 \text{ A/m}^2$ , waktu kontak 90 menit, jarak antar elektroda 2 cm).

Secara keseluruhan, tampaknya peningkatan waktu kontak dan jarak antar elektroda, serta peningkatan rapat arus, dapat meningkatkan efektivitas proses elektrokoagulasi dalam menghilangkan mikroplastik dari sampel *laundry*. Namun, efektivitas tertinggi tidak selalu dicapai dengan peningkatan parameter ini, menunjukkan bahwa ada interaksi kompleks antara variabel-variabel ini dalam proses elektrokoagulasi. Adanya penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry* dibuktikan dengan analisis pada flok yang terjadi pada proses elektrokoagulasi. Analisis flok diambil pada variasi yang nilai penyisihan tertinggi yaitu variasi S8 (rapat arus  $45 \text{ A/m}^2$ , waktu kontak 90 menit, jarak antar elektroda 2 cm), pada variasi ini terdapat mikroplastik sebanyak 21 partikel/100ml terdiri dari 11 partikel fiber, 2 partikel film dan 8 partikel fragmen.

#### **4.3 Pengaruh Waktu Kontak, Rapat Arus dan Jarak Antara Elektroda Terhadap Penyisihan Mikroplastik pada Air Limbah *Laundry***

Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah rapat arus, waktu kontak dan jarak antar elektroda. Waktu kontak memiliki pengaruh signifikan pada proses elektrokoagulasi. Menurut Yunitasari dkk (2017), semakin lama waktu kontak yang diberikan, semakin banyak ion  $\text{Al}^{3+}$  yang dihasilkan. Hal ini berarti akan terbentuk lebih banyak  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , yang berfungsi untuk mengikat bahan pencemar. Selain itu, rapat arus juga sangat mempengaruhi efektivitas proses degradasi parameter pencemar yang ada dalam air limbah. Andili

dkk (2021), Mengatakan penggunaan rapat arus yang besar dapat mempercepat proses elektrokoagulasi. Rapat arus berbanding lurus dengan kuat arus yang mengalir. Dengan kata lain, semakin tinggi kuat arus yang diberikan, semakin tinggi pula pelepasan ion  $Al^{3+}$  dari elektroda. Ini menghasilkan flok  $Al(OH)_3$  dan menciptakan gelembung gas hidrogen di katoda. Gelembung gas ini berfungsi untuk menaikkan flok yang tersuspensi dan tidak dapat mengendap di dalam sel.

Selain itu, besar kecilnya jarak antara elektroda berdampak terhadap besarnya hambatan elektrolit. Semakin besar jarak antara elektroda, maka semakin besar hambatannya, sehingga semakin kecil arus listrik yang mengalir (Saputra, 2018). Jarak antara elektroda berdampak terhadap kecepatan transfer elektron antara anoda dan katoda. Semakin besar jarak antara elektroda, maka semakin besar hambatan arus yang dialirkan. Interaksi antar molekul menjadi lemah ketika jarak antara elektroda terlalu jauh. Namun, jarak antar elektroda yang terlalu dekat juga akan menyebabkan jumlah koagulan meningkat, sehingga sistem akan terganggu dikarenakan hubungan yang singkat antara elektroda. Hal ini juga dinyatakan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saputra dan Hanum (2016).

Uji linear berganda dilakukan menggunakan perangkat lunak *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) untuk membuktikan pengaruh variabel bebas terhadap penyisihan mikroplastik dalam efektivitas metode elektrokoagulasi pada air limbah *laundry*.

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	302.274	33.468		9.032	.000
	rapat arus	-2.659	1.103	-.462	-2.411	.029
	waktu	-.876	.334	-.385	-2.620	.019
	jarak	-16.514	15.413	-.197	-1.071	.301

a. Dependent Variable: mikroplastik

**Gambar 4.4** Hasil SPSS

Hasil uji menunjukkan bahwa rapat arus dan waktu kontak memiliki pengaruh signifikan terhadap penyisihan mikroplastik. Rapat arus, dengan nilai signifikansi penyimpangan sebesar 0,029 (kurang dari 0,05), menunjukkan bahwa peningkatan rapat arus dapat meningkatkan efektivitas penyisihan mikroplastik.

Demikian pula, waktu kontak juga mempengaruhi penyisihan mikroplastik secara signifikan, dengan nilai signifikansi penyimpangan sebesar 0,019. Ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu kontak dapat meningkatkan efektivitas penyisihan mikroplastik. Sebaliknya, jarak antar elektroda, dengan nilai signifikansi penyimpangan sebesar 0,301, tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap penyisihan mikroplastik. Ada beberapa kemungkinan faktor penyebab jarak antara elektroda tidak mempengaruhi penyisihan mikroplastik, yaitu perbedaan jarak yang tidak terlalu jauh, adanya perubahan konduktivitas listrik dalam larutan. Selain itu, optimalisasi parameter lain seperti rapat arus dan waktu kontak dapat menghasilkan efisiensi pengolahan yang tinggi, sehingga pengaruh jarak antara elektroda menjadi kurang signifikan.

Dalam konteks metode elektrokoagulasi untuk penyisihan mikroplastik pada air limbah *laundry*, interaksi antar variabel sangat penting. Rapat arus dan waktu kontak saling berinteraksi dalam proses ini. Peningkatan rapat arus dapat meningkatkan efisiensi penyisihan mikroplastik, tetapi ini juga harus diimbangi dengan peningkatan waktu kontak. Menurut Setianingrum dkk (2017), waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses elektrokoagulasi berlangsung lebih lama, sehingga lebih banyak mikroplastik yang dapat disisihkan. Namun, peningkatan rapat arus dan waktu kontak harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari efek samping yang mungkin terjadi, seperti peningkatan konsumsi energi atau kerusakan pada sistem. Sementara itu, jarak antar elektroda tidak mempengaruhi efisiensi penyisihan mikroplastik, sehingga perubahan pada variabel ini tidak akan mempengaruhi interaksi antara rapat arus dan waktu kontak.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Analisis mikroplastik pada air limbah *laundry* menemukan mikroplastik sebanyak 330 partikel/l. Dengan 3 bentuk, yaitu fiber, fragmen dan film, sedangkan untuk warna terdapat warna hitam, biru, merah, coklat dan transparan, dengan ukuran rata-rata fiber 1246,59  $\mu\text{m}$ , ukuran rata-rata fragmen 1759,11  $\mu\text{m}^2$  dan dan ukuran rata-rata film 743,63  $\mu\text{m}^2$ . Beberapa jenis polimer yang berhasil diidentifikasi meliputi *Polyethylene terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *Polyamides* (PA), *Polystyrene* (PS), dan *High Density Polyethylene* (HDPE).
2. Hasil pengolahan menunjukkan efektivitas penurunan tertinggi dengan nilai mencapai 93,9% dan efektivitas terendah dengan nilai 57,6%.
3. Rapat arus dan waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan, sedangkan jarak antara elektroda tidak memengaruhi efektivitas penurunan mikroplastik pada air limbah *laundry*.

#### **5.2 Saran**

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

1. Berdasarkan temuan dari penelitian ini, diharapkan mikroplastik dapat menjadi salah satu faktor yang digunakan sebagai indikator dalam pemantauan kualitas lingkungan.
2. Perlu direalisasikan pengolahan terhadap limbah cair yang mengandung mikroplastik.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai metode elektrokoagulasi menggunakan variasi jenis plat, tegangan arus, rapat arus, waktu kontak dan jarak antar elektroda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajith, N., Arumugam, S., Parthasarathy, S., Manupoori, S., & Janakiraman, S. (2020). Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 25970–25986.
- Almroth, B. C., Ariese, F., van Velzen, M., Hassellöv, M., & Leslie, H. A. (2017). Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: method development and microplastic accumulation. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 403-408.
- Alqadri, E., & Agung, T. (2021). Kendaraan Dengan Metode Elektrokoagulasi. 2, 129–135.
- Anbumami. (2021). Ecotoxicological effects of microplastics on aquatic organisms: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(33), 44716–44725.
- Andili, E. A., dan Tuhu, A. R. (2021). Pengelolaan Limbah Cair Jasa Pencucian Kendaraan dengan Metode Elektrokoagulasi. *Envirous Teknik Lingkungan*. 2 (1), 129–135.
- Aprianto. (2018). karaterisasi FTIR Membran Komposit Nilon-Arang Berbahan Dasar Limbah Jaring Benang Nilon dan Ampas tebu. In *Jawa*.
- Ardiyanto, P., Yuantari, M. G. C., Studi, P., Masyarakat, K., Kesehatan, F., & Nuswantoro, U. D. (2018). Analisis Limbah Laundry Informal Dengan Tingkat Pencemaran Lingkungan. 2(1), 1–12.
- Arifin, Z., Tjahjana, D. D. D. P., Hadi, S., Rachmanto, R. A., Setyohandoko, G., & Sutanto, B. (2020). Numerical and experimental investigation of air cooling for photovoltaic panels using aluminum heat sinks. *International Journal of Photoenergy*, 2020.
- Ayun, N. Q. (2019). Analisis Mikroplastik Menggunakan Ft-Ir Pada Air, Sedimen, Dan Ikan Belanak (Mugil cephalus) Di Segmen Sungai Bengawan Solo Yang Melintasi Kabupaten Gresik. *Skripsi*, 1–70.
- Ayuningtyas, W. C. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine*

*Research*, 3(1), 41–45.

- Azizid Daroini, T., Apri Arisandi Program Studi Ilmu Kelautan, dan, Pertanian, F., Trunojoyo Madura Jl Raya Telang, U., Kamal, K., & Madura, B. (2020). Analisis Bod (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil*, 1(4), 558–567.
- Chaerunnisa, R., & U.S, S. (2021). Persentase Penurunan Kadar Logam Berat Timbal pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Pasca Proses Depurasi oleh Nelayan Teluk Jakarta. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 1(2), 121.
- DeRoberts, N. (2019). Columbia Researchers Provide New Evidence on the Reliability of Climate Modeling.
- Dzihnafira, H., Hamdan, A. M., & Razi, F. (2023). Pergerakan di Sungai Krueng Aceh Menggunakan Air Membran Ultrafiltrasi dari Polyethersulfone Polymer (PES). Jurusan Teknik Lingkungan, Jurusan Fisika, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, Indonesia.
- Edy Saputra, & Farida Hanum. (2018). Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 33–38.
- Fauziah, F., dan Karhab, R. S. (2019). Pelatihan Pengolahan Data Menggunakan Aplikasi SPSS Pada Mahasiswa. *Jurnal Pesut: Pengabdian Untuk Kesejahteraan Umat*, 1(2), 129–136.
- Fiyanda, A. D. T. (2022). Identifikasi Mikroplastik Udara Dalam Ruangan Sekolah di Jalan Arteri Kota Makassar. *Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin*.
- Fisner, M., Taniguchi, S., Majer, A. P., Bicego, M. C., & Turra, A. (n.d.). Concentration and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: Implications for small-scale diagnostic and environmental monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 76(1–2), 349–354.
- Galvão, L., de Weger, L. A., Hiemstra, P. S., Vijver, M. G., & Mauad, T. (2020). An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? *Science of The Total Environment*, 749, 141676.

- GESAMP. (2019). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean: GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. *Rep. Stud. GESAMP, no 99*, 138.
- Hahladakis, J. N. (2020). Delineating and preventing plastic waste leakage in the marine and terrestrial environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 12830–12837.
- Hamdan, A. M. (2021). Identifikasi Estuarine Turbidity Maxima Dengan Pendekatan Sifat Magnetik Sedimen Dan Analisis Mikrobiologi : *Studi*.
- Hamdan, A. M., Lubis, S. S., Nazla, C. T., Jaswita, D., Maulida, Z., Munandar, A., Hamdi, H., Ardiansyah, R., & Khairuzzaman, H. (2023). Magnetic susceptibilities of suspended sediment and microplastic abundance in a tropical volcanic estuary. *Regional Studies in Marine Science*, 61.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote , Provinsi Nusa Tenggara Timur Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote , East Nusa Tenggara Province. 5, 165–171.
- Jiang, B., Kauffman, A. E., Li, L., McFee, W., Cai, B., Weinstein, J., Lead, J. R., Chatterjee, S., Scott, G. I., & Xiao, S. (2020). Health impacts of environmental contamination of micro- And nanoplastics: A review. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 25(1), 1–15.
- Junardi, J. (2022). Simulasi Penyisihan Mikroplastik Pada Limbah Laundry Menggunakan Proses Filtrasi Bertingkat. *STABILITA || Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(1), 46.
- Kanyathare, B. E., Asamoah, B., Ishaq, M. U., Amoani, J., Rätty, J., & Peiponen, K. E. (2020). Identification of plastic type and surface roughness of film-type plastics in water using kramers–kronig analysis. *Chemosensors*, 8(4), 1–13.
- Monica, Y., Hamdan, A. M., Yahya, H., Shakira, A., & Shaphira, D. (2023). Fitoremediasi Limbah Laundry dengan Menggunakan Brassica juncea dan Brassica rapa. *Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Indonesia*.

- Moraida Hasanah, T.Jukdin Saktisahdan, R. (2020). Penggunaan Plat Cu sebagai Elektroda untuk Proses Elektrokoagulasi pada Air Sungai Template Jurnal Penelitian Seminar Nasional. *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan Ke-4, September*, 919–925.
- Muliyadi, M., & Sowohy, I. S. (2020). Perbandingan Efektifitas Metode Elektrokoagulasi dan Destilasi Terhadap Penurunan Beban Pencemar Fisik Pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(1), 45.
- Mulyani, I. M., Widhi Mahatmanti, F., & Ella Kusumastuti. (2017). Pengaruh Jenis Plat Elektroda Pada Proses Elektrokoagulasi Untuk Menurunkan Kadar Thorium Dalam Limbah Hasil Pengolahan Logam Tanah Jarang. *Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator*, 1(November), 1–12.
- Nur Faujiah, I., Ira Ryski Wahyuni, D., Kunci, K., Minum Kemasan, A., & Minum Isi Ulang, A. (2022). Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia. *Gunung Djati Conference Series*, 7, 89–95.
- Nurjanah, S., Zaman, B., & Syakur, A. (2017). Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–17.
- Peng, L., Fu, J., Dai, X., & Wang, G. (2022). A microscopic survey on microplastics in beverages: the case of beer, mineral water and tea. *Analyst, Issue*.
- Qiu, G., Wang, Q., Wang, T., Zhang, S., Song, N., Yang, X., Zeng, Y., Sun, Z., Wu, G., & Yu, H. (2023). Microplastic risk assessment and toxicity in plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*.
- Rahmayanti, D., & Rosariawari, F. (2021). Penurunan Kadar Mikroplastik Pada Air Kali. 13, 3–8.
- Rifky. (2020). Analisis Sebaran Mikroplastik Di Kawasan Sepanjang Sungai Kuin Kota Banjarmasin. *Rifky*, 71072025, 86–89.
- Rizkia, P. N., & Hendrasarie, N. (2022). Limbah Batik Cual Dengan Metode. 1–3.
- Rochman CM, Browne MA, Underwood AJ, van Franeker JA, Thompson Richard C, Amaral-Zettler LA (2016) Dampak ekologis sampah laut: mengungkap bukti yang ditunjukkan dari apa yang dirasakan. *Ekologi* 97:302–312

- Sari, I. P., & Harahap, H. R. (2021). Pengolahan Air Bungan Limbah Laundry Menggunakan Bottom Ash Sebagai Media Adsorpsi Laundry Waste Water Treatment Using Bottom Ash As. *12(02)*, 21–28.
- Sarwono, E., Harits, M., & Widarti, N. B. (2017). Penurunan Kadar Tss, Bod5 Dan Total Coliform Menggunakan Horizontal Roughing Filter. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *1(1)*, 18–26.
- Septian, F.M., Purba, N.P., Agung, M.U., Yuliadi, L.P., Akuan, L.F., dan Mulyani, P.G. 2018. Sebaran Spasial Mikroplastik di Sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Geomaritim Indonesia*, *1(1)*: 1–8.
- Setianingrum, N. P., Prasetya, A., dan Sarto. (2017). Pengaruh Tegangan Listrik, Jarak Antar Elektroda dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Red RB Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 147–156.
- Tan, D. (2022). the Abatement of Marine Plastic Pollution : A. *29(1)*, 1–33.
- Thein, I., Mitang, B. B., dan Bere, Y. E. P. (2021). Pengaruh Lingkungan Kerja dan Komitmen Terhadap Disiplin Kerja Pegawai Pada Kantor Dinas Parawisata Kabupaten Malaka. *Jurnal Inspirasi Ekonomi*, *3(3)*, 28–36.
- Thushari, N. (2020). Identifikasi Keberadaan Dan Jenis Mikroplastik Pada Kerang Darah (Anadara Granosa) Di Perairan Tanjung Tiram, Teluk Ambon. Triton: *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, *16(1)*, 1–7.
- Widianarko, B., dan Hantoro, I. 2018. Mikroplastik Mikroplastik dalam Seafood Seafood dari Pantai Utara Jawa. In *Unika Soegijapranata. Semarang*.
- Yulis, P. R. Y., Desti, & Febliza, A. (2018). Analisa kadar DO, BOD dan COD air sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin. *Jurnal Bioterdidik*, *113*, 64–75.
- Yunitasari, Y., Shinta, E., dan Ivaini, A. (2017). Metode Elektrokoagulasi untuk Mengolah Limbah Cair Batik di Unit Kegiatan Masyarakat Rumah Batik Andalan PT. Riau Andalam *Pulp and Paper (RAPP)*. *Jom F TEKNIK*. Vol. *4 (1)*, 1–9.
- Zhang, G., Cao, G., Luo, R-H., Song, Q., Zeng, Y., Liu, K., Qu, J., Lin, X., Liu, F-L., Wang, G., Li, H., Li, L., Zheng, Y-T., Boraschi, D., Wu, L., Chang, Y-Z., & Li, Y. (2022). Microplastics interact with SARS-CoV-2 and facilitate host

cell infection. *Environmental Science*.

Zimmermann, L., Göttlich, S., Oehlmann, J., Wagner, M., & Völker, C. (2020). What are the drivers of microplastic toxicity? Comparing the toxicity of plastic chemicals and particles to *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*, 267.



## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN KELIMPAHAN

- a. Kelimpahan mikroplastik pada sampel awal

$$\begin{aligned}
 \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\
 &= \frac{33}{100 \text{ Ml}} \\
 &= 0,33 \text{ partikel/ml} \\
 &= 330 \text{ partikel/l}
 \end{aligned}$$

- b. Rapat Arus 40 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 2 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\
 &= \frac{11}{100 \text{ Ml}} \\
 &= 0,11 \text{ partikel/ml} \\
 &= 110 \text{ partikel/l}
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\
 &= \frac{10}{100 \text{ Ml}} \\
 &= 0,10 \text{ partikel/ml} \\
 &= 100 \text{ partikel/l}
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\
 &= \frac{9}{100 \text{ Ml}} \\
 &= 0,09 \text{ partikel/ml} \\
 &= 90 \text{ partikel/l}
 \end{aligned}$$

c. Rapat Arus 45 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 2 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{9}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,09 \text{ partikel/ml} \\ &= 90 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{3}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,03 \text{ partikel/ml} \\ &= 30 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{2}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,02 \text{ partikel/ml} \\ &= 20 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

d. Rapat Arus 50 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 2 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{14}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,14 \text{ partikel/ml} \\ &= 140 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{13}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,13 \text{ partikel/ml} \\ &= 130 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{8}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,08 \text{ partikel/ml} \\ &= 80 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- e. Rapat Arus 40 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 3 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{10}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,10 \text{ partikel/ml} \\ &= 100 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{6}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,06 \text{ partikel/ml} \\ &= 60 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{5}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,05 \text{ partikel/ml} \\ &= 50 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- f. Rapat Arus 45 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 3 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{12}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,12 \text{ partikel/ml} \\ &= 120 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{10}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,10 \text{ partikel/ml} \\ &= 100 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{10}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,10 \text{ partikel/ml} \\ &= 100 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

g. Rapat Arus 50 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 3 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{10}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,10 \text{ partikel/ml} \\ &= 100 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{9}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,09 \text{ partikel/ml} \\ &= 90 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Kelimpahan} &= \frac{\text{Jumlah Partikel}}{\text{Massa Sampel}} \\ &= \frac{6}{100 \text{ Ml}} \\ &= 0,06 \text{ partikel/ml} \\ &= 60 \text{ partikel/l} \end{aligned}$$

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN EFEKTIVITAS

a. Rapat Arus 40 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 2 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 110}{330} \times 100\% \\ &= 66,7\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 100}{330} \times 100\% \\ &= 69,7\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 90}{330} \times 100\% \\ &= 72,7\%\end{aligned}$$

b. Rapat Arus 45 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 2 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 90}{330} \times 100\% \\ &= 72,7\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 30}{330} \times 100\% \\ &= 90,9\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 20}{330} \times 100\% \\ &= 93,9\% \end{aligned}$$

c. Rapat Arus 50 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 2 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 140}{330} \times 100\% \\ &= 57,6\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 130}{330} \times 100\% \\ &= 60,6\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 80}{330} \times 100\% \\ &= 75,8\% \end{aligned}$$

d. Rapat Arus 40 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 3 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 100}{330} \times 100\% \\ &= 69,7\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 60}{330} \times 100\% \\ &= 81,8\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 50}{330} \times 100\% \\ &= 84,8\% \end{aligned}$$

- e. Rapat Arus 45 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 3 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 120}{330} \times 100\% \\ &= 63,6\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 100}{330} \times 100\% \\ &= 69,7\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 100}{330} \times 100\% \\ &= 69,7\% \end{aligned}$$

- f. Rapat Arus 50 Amper/m<sup>2</sup> dan jarak antar plat 3 cm

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit

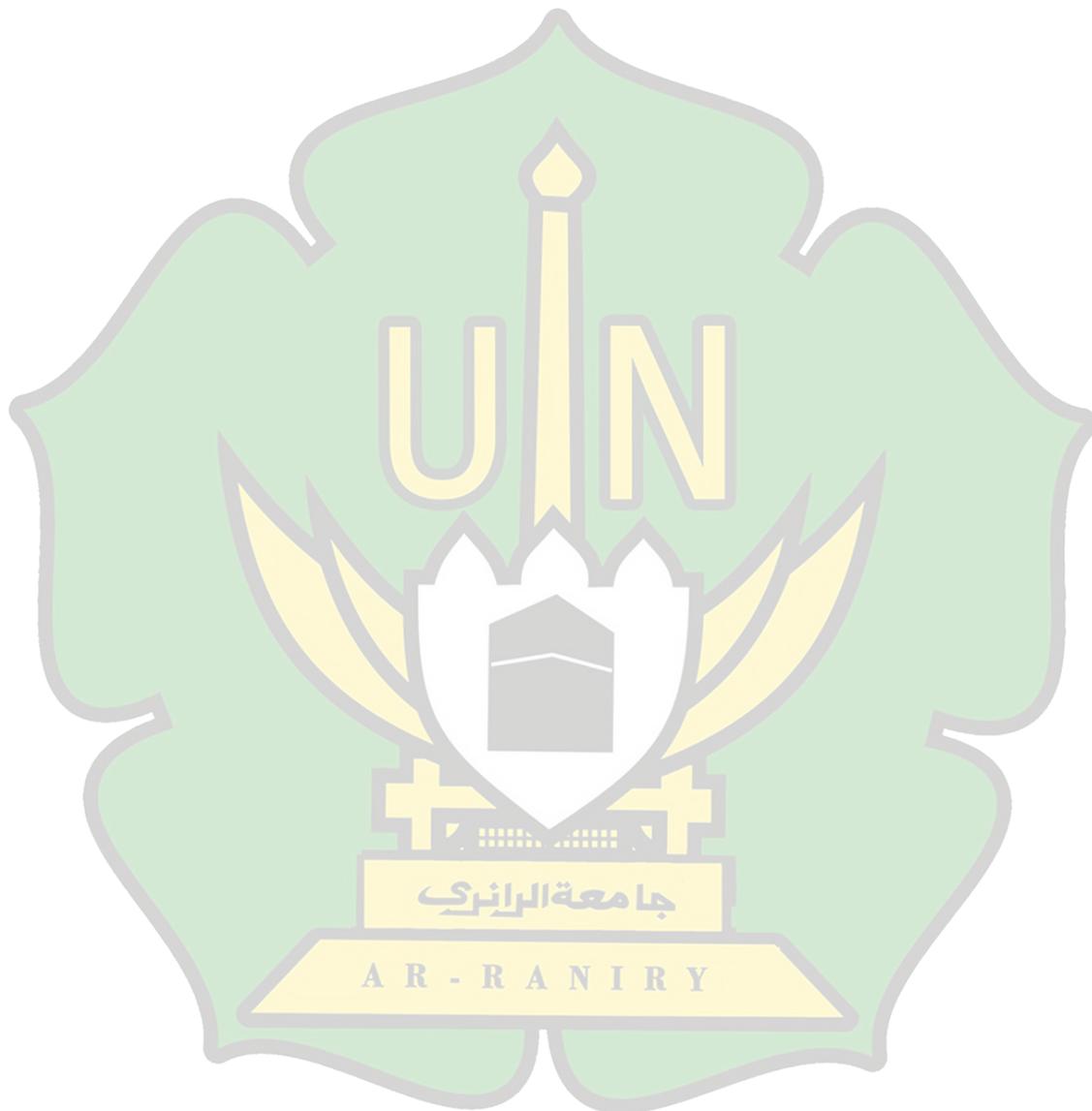
$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 100}{330} \times 100\% \\ &= 69,7\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

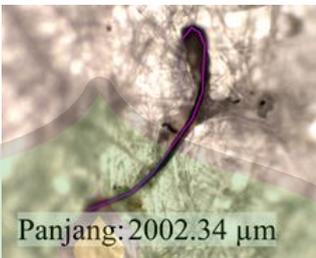
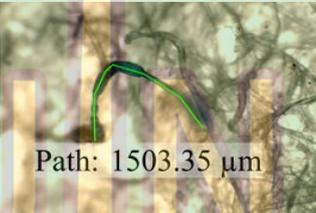
$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 90}{330} \times 100\% \\ &= 72,7\% \end{aligned}$$

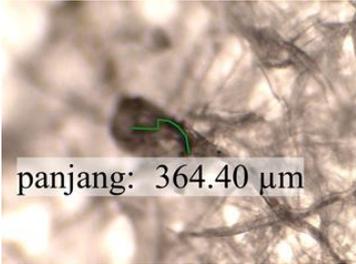
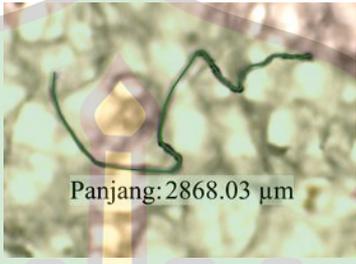
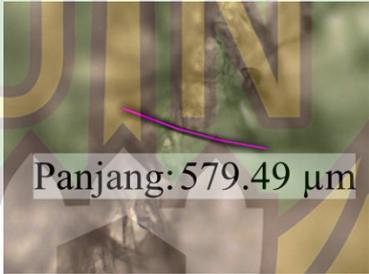
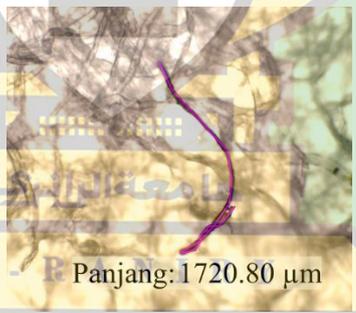
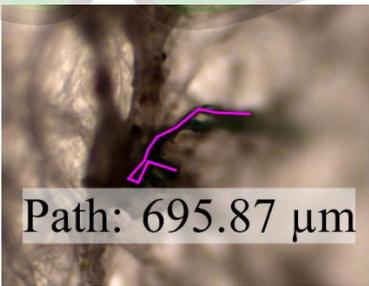
- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

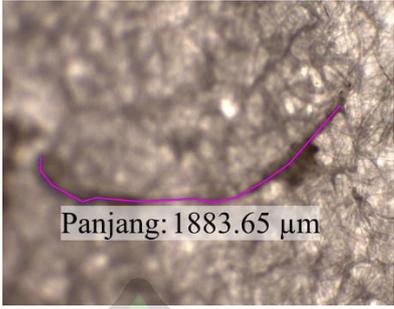
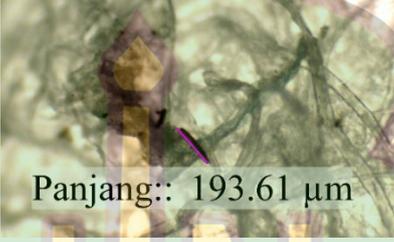
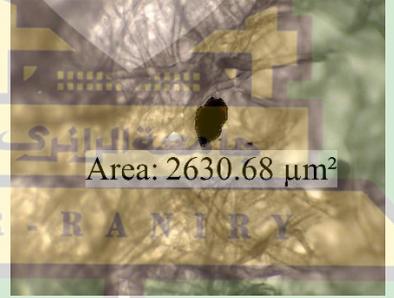
$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kelimpahan awal} - \text{Kelimpahan akhir}}{\text{Kelimpahan awal}} \times 100\% \\ &= \frac{330 - 60}{330} \times 100\% \\ &= 81,8\%\end{aligned}$$

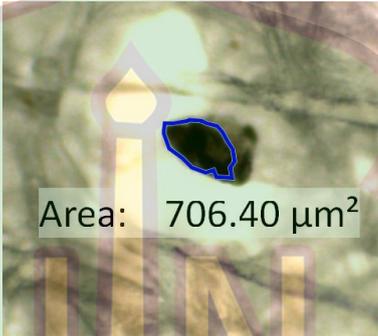


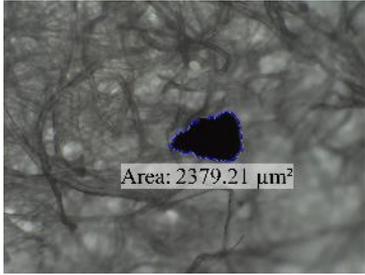
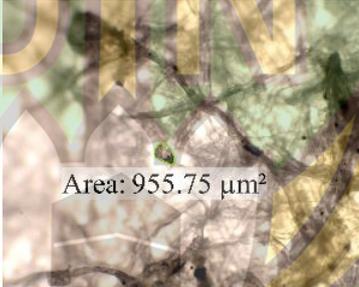
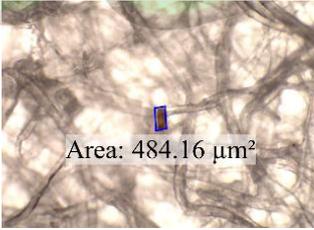
**LAMPIRAN C**  
**HASIL MIKROPLASTIK**

No	Keterangan	Gambar	Hasil Ukuran
1	Fiber Biru		Panjang: 2002,34 μm
2	Fiber Biru		Panjang: 1503,35 μm
3	Fiber Biru		Panjang: 231,97 μm
4	Fiber Biru		Panjang: 1639,57 μm
5	Fiber Biru		Panjang: 1174,81 μm

6	Fiber Merah	 <p>panjang: 364.40 <math>\mu\text{m}</math></p>	Panjang: 364,40 $\mu\text{m}$
7	Fiber Biru	 <p>Panjang: 2868.03 <math>\mu\text{m}</math></p>	Panjang: 2868,03 $\mu\text{m}$
8	Fiber Hitam	 <p>Panjang: 579.49 <math>\mu\text{m}</math></p>	Panjang: 579,49 $\mu\text{m}$
9	Fiber Hitam	 <p>Panjang: 1720.80 <math>\mu\text{m}</math></p>	Panjang: 1720,80 $\mu\text{m}$
10	Fiber Hijau	 <p>Path: 695.87 <math>\mu\text{m}</math></p>	Panjang: 695,87 $\mu\text{m}$

11	Fiber Hitam		<p>Panjang: 1883,65 <math>\mu\text{m}</math></p>
12	Fiber Merah		<p>Panjang: 193,61 <math>\mu\text{m}</math></p>
13	Fiber Biru		<p>Panjang: 555,80 <math>\mu\text{m}</math></p>
14	Fragmen Hitam		<p>Area: 2630,68 <math>\mu\text{m}^2</math></p>
15	Fragmen Hitam		<p>Area: 2496,32 <math>\mu\text{m}^2</math></p>

16	Fragmen Hitam		Area: 312,96 μm <sup>2</sup>
17	Fragmen Hitam		Area: 706,40 μm <sup>2</sup>
18	Fragmen Merah		Area: 1706,23 μm <sup>2</sup>
19	Fragmen Merah		Area: 1380,76 μm <sup>2</sup>

20	Fragmen Hitam		<p>Area: 2379,21 <math>\mu\text{m}^2</math></p>
21	Fragmen Merah		<p>Area: 1189,47 <math>\mu\text{m}^2</math></p>
22	Film Transparan		<p>Area: 955,75 <math>\mu\text{m}^2</math></p>
23	Film Transparan		<p>Area: 790,98 <math>\mu\text{m}^2</math></p>
24	Film hitam		<p>Area: 484,16 <math>\mu\text{m}^2</math></p>

## LAMPIRAN D

### HASIL SPSS

#### Regression

#### Notes

Output Created	05-NOV-2023 19:32:50	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	19
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Y /METHOD=ENTER X1 X2 X3 /RESIDUALS DURBIN.	
Resources	Processor Time	00:00:00,00
	Elapsed Time	00:00:00,03
	Memory Required	3472 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

#### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables	Variables	Method
	Entered	Removed	

1	jarak, waktu, rapat arus <sup>b</sup>	.	Enter
---	--	---	-------

a. Dependent Variable: mikroplastik

b. All requested variables entered.

#### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.863 <sup>a</sup>	.745	.694	35.376	.523

a. Predictors: (Constant), jarak, waktu, rapat arus

b. Dependent Variable: mikroplastik

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	54828.507	3	18276.169	14.604	.000 <sup>b</sup>
	Residual	18771.493	15	1251.433		
	Total	73600.000	18			

a. Dependent Variable: mikroplastik

b. Predictors: (Constant), jarak, waktu, rapat arus

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	302.274	33.468		9.032	.000
	rapat arus	-2.659	1.103	-.462	-2.411	.029
	waktu	-.876	.334	-.385	-2.620	.019
	jarak	-16.514	15.413	-.197	-1.071	.301

a. Dependent Variable: mikroplastik

#### Residuals Statistics<sup>a</sup>

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	40.92	302.27	100.00	55.191	19
Residual	-67.020	46.275	.000	32.293	19
Std. Predicted Value	-1.070	3.665	.000	1.000	19

Std. Residual	-1.895	1.308	.000	.913	19
---------------	--------	-------	------	------	----

a. Dependent Variable: mikroplastik

#### REGRESSION

```

/MISSING LISTWISE
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
/NOORIGIN
/DEPENDENT Y
/METHOD=ENTER X1 X2 X3
/RESIDUALS DURBIN.

```

#### Regression

##### Notes

Output Created	05-NOV-2023 19:35:20	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	19
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Y /METHOD=ENTER X1 X2 X3 /RESIDUALS DURBIN.	
Resources	Processor Time	00:00:00,02

Elapsed Time	00:00:00,03
Memory Required	3472 bytes
Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

#### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	jarak, waktu, rapat arus <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: mikroplastik

b. All requested variables entered.

#### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.863 <sup>a</sup>	.745	.694	35.376	.676

a. Predictors: (Constant), jarak, waktu, rapat arus

b. Dependent Variable: mikroplastik

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	54828.507	3	18276.169	14.604	.000 <sup>b</sup>
	Residual	18771.493	15	1251.433		
	Total	73600.000	18			

a. Dependent Variable: mikroplastik

b. Predictors: (Constant), jarak, waktu, rapat arus

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	302.274	33.468		9.032	.000
	rapat arus	-2.659	1.103	-.462	-2.411	.029
	waktu	-.876	.334	-.385	-2.620	.019
	jarak	-16.514	15.413	-.197	-1.071	.301

a. Dependent Variable: mikroplastik

**Residuals Statistics<sup>a</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	40.92	302.27	100.00	55.191	19
Residual	-67.020	46.275	.000	32.293	19
Std. Predicted Value	-1.070	3.665	.000	1.000	19
Std. Residual	-1.895	1.308	.000	.913	19

a. Dependent Variable: mikroplastik



## LAMPIRAN E

### DOKUMENTASI



Proses pengolahan menggunakan elektrokoagulasi



Pengambilan sampel yang sudah diolah untuk identifikasi mikroplastik



Sampel ditambahkan larutan NaCl sebanyak 3x berat sampel



Sampel dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer.



didiamkan sampel selama 24 jam.



Penambahan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 0 ml.



Penyaringan sampel mikroplastik menggunakan vakum filtrasi.



Identifikasi Mikroplastik

جامعة الرانري

AR - RANIRY