

TA/TL/2025/2025



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Pengaruh Suhu Terhadap Konsentrasi Mikroplastik pada Air Minum Dalam Kemasan

Danny Aryandi

21513149

Dosen Pembimbing 1:

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., I.P.M., ASEAN Eng.

Dosen Pembimbing 2:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Effect of Temperature on Microplastic Concentration in Bottled Drinking Water

Danny Aryandi

21513149

Supervisor 1:

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., I.P.M., ASEAN Eng.

Supervisor 2:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

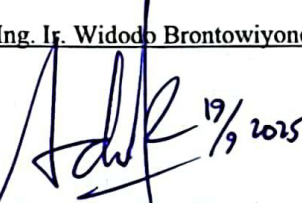
Pengaruh Suhu Terhadap Konsentrasi Mikroplastik pada Air Minum
Dalam Kemasan

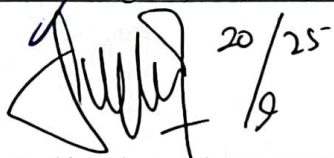
Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Danny Aryandi
21513149

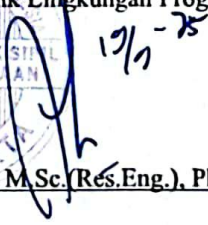
Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 17 September 2025 dan disetujui oleh:


Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., I.P.M., ASEAN Eng. (Pembimbing 1)


Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 2)


Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. (Penguji 1)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana


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



PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 17 September 2025

Yang membuat pernyataan,


Danny Aryandi
21513149

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil 'alamin segala puji kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Suhu Terhadap Degradasi Mikroplastik Pada Air Minum Dalam Kemasan”. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademik sehingga penulis mendapatkan gelar Sarjana Teknik dan menyelesaikan aktivitas akademik selama menjadi mahasiswa Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan laporan, penulis menghadapi berbagai tantangan, mulai dari kemalasan, ketidaktahuan, hingga keputusan. Namun, berkat bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak serta dukungan do'a dan motivasi yang selalu diberikan kedua orang tua sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Dengan ketulusan hati yang paling dalam penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., I.P.M., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan baik dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh staff Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

yang telah memberikan ilmu, arahan serta masukan kepada penulis selama penelitian di laboratorium.

5. Seluruh teman-teman penulis di Program Studi Teknik Lingkungan angkatan 2021 yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas pertemanan yang telah terjalin selama menjalani masa studi di Universitas Islam Indonesia. Kehadiran dan dukungan kalian telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademis dan non-akademis penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak berbagai kekurangan. Hal ini tidak lain berasal dari keterbatasan pengetahuan dan kesalahan dari penulis. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Penulis berharap laporan tugas akhir yang telah disusun ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh



Sleman, 17 September 2025

Danny Aryandi

Pengaruh Suhu Terhadap Konsentrasi Mikroplastik pada Air Minum Dalam Kemasan

Mahasiswa : Danny Aryandi
NIM : 21513149
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc.,
I.P.M., ASEAN Eng.
Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang berukuran sangat kecil kurang dari 5 mm. Karena ukurannya yang sangat kecil, kontaminan ini bahkan dapat ditemukan pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Potensi paparan mikroplastik melalui konsumsi AMDK menimbulkan kekhawatiran terhadap dampak kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi konsentrasi dan karakteristik partikel mikroplastik, serta membandingkan pengaruh variasi perlakuan suhu terhadap konsentrasi dan karakteristik pada AMDK. Sampel yang digunakan berasal dari satu merek AMDK yang diperlakukan dengan tiga variasi suhu yang berbeda, yaitu dengan suhu tinggi ($>35^{\circ}\text{C}$), suhu ruang ($28-30^{\circ}\text{C}$) dan suhu rendah ($<6^{\circ}\text{C}$). Hasil analisis menunjukkan jumlah partikel mikroplastik masing-masing sebanyak 62, 35, dan 27 partikel. Sedangkan konsentrasinya berturut-turut sebesar 0,62, 0,35, dan 0,27 partikel/mL. Hasil identifikasi mikroskop ditemui mikroplastik berbentuk fragmen, fiber, dan film dengan variasi warna seperti hitam, kuning, transparan, coklat, biru, dan merah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah dan karakteristik partikel mikroplastik pada AMDK dapat dipengaruhi oleh suhu penyimpanan dan suhu lingkungan. Selain itu, faktor lain yang dapat menyebabkan mikroplastik pada air kemasan tersebut yaitu sumber air baku yang digunakan sudah mengandung kontaminan dan proses tekanan pembotolan yang dapat melepas partikel mikroplastik ke dalam air kemasan.

Kata kunci: Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), Konsentrasi Partikel, Mikroplastik, Suhu

Effect of Temperature on Microplastic Concentration in Bottled Drinking Water

Student : Danny Aryandi
Student Number : 21513149
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc.,
I.P.M., ASEAN Eng.
Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

Microplastics are plastic particles that are less than 5 mm in size. Due to their small size, these contaminants can even be found in bottled drinking water (BDW). The potential exposure to microplastics through the consumption of bottled drinking water raises concerns about health impacts. This study aims to identify the concentration and characteristics of microplastic particles, as well as to compare the effects of temperature variations on concentration and characteristics in BDW. The samples used were from a single brand of BDW treated with three different temperature variations: high temperature ($>35^{\circ}\text{C}$), room temperature ($28\text{-}30^{\circ}\text{C}$), and low temperature ($<6^{\circ}\text{C}$). The analysis results showed the number of microplastic particles to be 62, 35, and 27 particles, respectively. The concentrations were 0.62, 0.35, and 0.27 particle/mL, respectively. Microscopic identification revealed microplastics in the form of fragments, fibers, and films with varying colors such as black, yellow, transparent, brown, blue, and red. The results of this study indicate that the number and characteristics of microplastic particles in bottled water can be influenced by storage temperature and environmental temperature. Additionally, other factors contributing to microplastics in bottled water include the source of raw water, which may already contain contaminants, and the bottling process, which can release microplastic particles into the bottled water.

Key words: Bottled drinking water, microplastics, particle concentration, temperature

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK)	5
2.2 Mikroplastik	6
2.2.1 Definisi Mikroplastik	6
2.2.2 Karakteristik dan Polimer Mikroplastik	6
2.2.3 Dampak Mikroplastik.....	8
2.3 Mikroplastik pada AMDK	9
2.4 Pengaruh Suhu Terhadap Degradasi Mikroplastik	10
2.5 Penelitian Terdahulu	10
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Kerangka Penelitian	13
3.2 Waktu dan Lokasi	13
3.3 Alat dan Bahan.....	14
3.4 Pengumpulan Data	15
3.4.1 Pengambilan dan Perlakuan Sampel	15
3.4.2 Penyaringan Sampel Mikroplastik	17

3.4.3 Identifikasi Karakteristik Mikroplastik	18
3.4.4 Penentuan Jenis Polimer.....	19
3.5 Analisis Data	20
3.5.1 Perhitungan Konsentrasi Mikroplastik.....	20
3.5.2 Estimasi Asupan Paparan Harian Mikroplastik	21
3.5.3 Analisis Data Mikroplastik dengan Statistik Deskriptif.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.1.1 Jumlah dan Konsentrasi Mikroplastik.....	24
4.1.2 Bentuk dan Warna Mikroplastik	28
4.1.3 Ukuran Mikroplastik	35
4.1.4 Jenis Polimer Mikroplastik.....	38
4.2 Pembahasan.....	40
4.2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Jumlah Mikroplastik	41
4.2.2 Pengaruh Suhu Terhadap Ukuran Partikel Mikroplastik	42
4.2.3 Pengaruh Suhu Terhadap Warna Mikroplastik	43
4.2.4 Estimasi Paparan Harian Mikroplastik Melalui AMDK	43
4.2.5 Dampak Mikroplastik Pada Kesehatan Manusia.....	44
4.2.6 Upaya Mitigasi Mikroplastik di Air Minum	45
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	53
RIWAYAT HIDUP	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian	14
Tabel 3.2 Penjelasan Bentuk Mikroplastik	19
Tabel 4.1 Pengamatan Perlakuan Sampel Pada Suhu $>35^{\circ}\text{C}$	23
Tabel 4.2 Statistik Deskriptif Konsentrasi Mikroplastik (partikel/mL).....	26
Tabel 4.3 Ukuran Mikroplastik Pada Setiap Sampel.....	35
Tabel 4.4 Statistik Deskriptif Ukuran Mikroplastik	36
Tabel 4.5 Sampel Suhu ($>35^{\circ}\text{C}$)	38
Tabel 4.6 Sampel Suhu Ruang ($28-30^{\circ}\text{C}$).....	38
Tabel 4.7 Sampel Suhu ($<6^{\circ}\text{C}$)	38
Tabel 4.8 Blanko Suhu ($>35^{\circ}\text{C}$)	39
Tabel 4.9 Blanko Suhu Ruang ($28-30^{\circ}\text{C}$).....	39
Tabel 4.10 Blanko Suhu ($<6^{\circ}\text{C}$)	39
Tabel 4.11 Jumlah Partikel, Ukuran dan Warna Mikroplastik	41
Tabel 4.12 Hasil Nilai Estimasi Paparan Harian	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Mikroplastik	7
Gambar 2.2 Mekanisme Pelepasan Mikroplastik Pada AMDK	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	13
Gambar 3.2 Skema Desain Penelitian	15
Gambar 3.3 Perlakuan Suhu Pada Sampel	16
Gambar 3.4 Proses Penyaringan Mikroplastik Pada Sampel.....	17
Gambar 3.5 Proses Pengeringan Sampel Mikroplastik	18
Gambar 3.6 Identifikasi Sampel dengan Mikroskop	18
Gambar 3.7 Identifikasi Sampel dengan FTIR	20
Gambar 4.1 Hasil Jumlah Partikel Mikroplastik Pada Setiap Sampel.....	24
Gambar 4.2 Hasil Konsentrasi Mikroplastik Pada Setiap Sampel	25
Gambar 4.3 Jumlah Partikel Mikroplastik Setelah Koreksi Blanko.....	27
Gambar 4.4 Konsentrasi Mikroplastik Setelah Koreksi Blanko.....	27
Gambar 4.5 Bentuk Mikroplastik Pada Setiap Sampel	29
Gambar 4.6 Bentuk dan Warna Fragmen	30
Gambar 4.7 Bentuk dan Warna Fiber	31
Gambar 4.8 Bentuk dan Warna Film	32
Gambar 4.9 Warna Mikroplastik Pada Setiap Sampel	32
Gambar 4.10 Persentase Warna Mikroplastik	33
Gambar 4.11 Bentuk dan Warna Mikroplastik Pada Sampel Suhu >35°C	34
Gambar 4.12 Bentuk dan Warna Mikroplastik Pada Sampel Suhu Ruang 28–30°C.....	34
Gambar 4.13 Bentuk dan Warna Mikroplastik Pada Sampel Suhu <6°C	34
Gambar 4.14 Ukuran Mikroplastik Fragmen.....	37
Gambar 4.15 Ukuran Mikroplastik Film	37
Gambar 4.16 Ukuran Mikroplastik Fiber	37
Gambar 4.17 Pelepasan Partikel Kecil Mikroplastik Pada Suhu Panas	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perlakuan Sampel dan Proses Identifikasi Mikroplastik di Laboratorium	53
Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Partikel Mikroplastik	55
Lampiran 3 Bentuk Partikel Mikroplastik	56
Lampiran 4 Warna Partikel Mikroplastik	57
Lampiran 5 Ukuran Partikel Mikroplastik.....	59
Lampiran 6 Hasil Identifikasi Polimer Gugus Fungsi	61
Lampiran 7 Perhitungan Estimasi Asupan Paparan Mikroplastik.....	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air minum adalah air yang telah memenuhi syarat kesehatan untuk dapat diminum langsung baik yang telah melalui proses pengolahan maupun tidak melalui pengolahan. Air minum dapat dikatakan aman bagi kesehatan jika telah memenuhi parameter wajib dan parameter tambahan yang memuat persyaratan fisika, kimia, mikrobiologis dan radioaktif (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010). Perkembangan industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) semakin meningkat di Indonesia beberapa tahun terakhir. Hal tersebut juga dapat menimbulkan potensi dampak negatif kesehatan jika tidak ada pengawasan regulasi yang ketat. Air minum dapat mengandung berbagai senyawa yang menimbulkan dampak negatif maupun positif bagi tubuh manusia (Aryani, 2017). Untuk air minum, AMDK sebenarnya memiliki kualitas standar yang terbaik. Namun pada beberapa penelitian AMDK ditemukan adanya mikroplastik.

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang berukuran sangat kecil kurang dari 5 mm. Karena ukurannya yang sangat kecil, mikroplastik tidak dapat dilihat dengan mata tetapi dengan bantuan alat. Mikroplastik memiliki sifat yang mudah untuk berpindah dalam lingkungan, baik itu lewat air maupun udara. Keberadaan mikroplastik dapat ditemukan pada udara, tanah dan perairan (Hanif et al., 2021). Dampak dari pencemaran mikroplastik yaitu dapat masuk ke rantai makanan dan merusak metabolisme makhluk hidup. Dampak lainnya yaitu jika tertelan oleh manusia dapat mengakibatkan gangguan kesehatan (WHO, 2019). Proses identifikasi mikroplastik melalui 2 tahap yaitu dengan mikroskop dan FTIR. Identifikasi mikroplastik dengan mikroskop dilakukan untuk mengetahui jenis bentuk dan warna mikroplastik, sedangkan dengan Fourier Transform Infrared (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi atau jenis polimer.

Pada penelitian (Supriyo & Noviana, 2023) mengenai mikroplastik pada air minum dalam kemasan yang beredar di Kota Semarang dengan sampel yang dipanaskan sinar matahari pada suhu 28 dan 40°C menemukan hasil pada sampel terdapat mikroplastik berjenis fiber dan fragmen, serta ditemukan jumlah

mikroplastik tertinggi pada kemasan botol merek P sebanyak 97 partikel/500 mL dengan polimer *polyethylene terephthalate* (PET). Mikroplastik yang ada diperkirakan berasal dari plastik kemasan AMDK dikarenakan faktor perubahan fisik di lingkungan. Sementara itu pada penelitian (Nur et al., 2022) mengenai penggunaan botol PET sebagai media biofilm IPAL yang dapat terdegradasi sebagai mikroplastik sekunder. Penelitian dilakukan dengan perendaman botol PET ke dalam gelas beaker berisi akuades serta ditempatkan pada 3 kondisi lingkungan berbeda yaitu penempatan sampel dalam lab, diluar lab dengan lampu UV dan penempatan dilapangan terpapar sinar matahari. Kandungan jumlah mikroplastik pada sampel mendapatkan hasil yang tidak sama, hal ini menunjukkan bahwa botol PET dapat terdegradasi menjadi mikroplastik sekunder.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh berbagai variasi suhu terhadap mikroplastik pada AMDK. Pada penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan variasi sampel AMDK yang berbeda yaitu dipanaskan pada suhu $>35^{\circ}\text{C}$, didinginkan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ dan keadaan suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$. Tujuannya untuk mengidentifikasi serta membandingkan pengaruh variasi perlakuan suhu terhadap degradasi mikroplastik melalui karakteristik dan konsentrasi mikroplastik. Selain itu, hasil penelitian juga diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah terkait isu mikroplastik dalam air minum kemasan dan pengaruh degradasinya serta memberikan kontribusi terhadap pengawasan kualitas AMDK di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Apakah terdapat mikroplastik pada air minum dalam kemasan dan mikroplastik tersebut berasal dari plastik kemasannya?
- 2) Bagaimana perbandingan pengaruh suhu lingkungan dan penyimpanan menyebabkan mikroplastik terdegradasi di dalam air minum dalam kemasan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- 1) Menganalisis keberadaan konsentrasi dan karakteristik mikroplastik yang terdapat di dalam air minum dalam kemasan serta membandingkannya dengan karakteristik plastik kemasannya
- 2) Membandingkan pengaruh variasi suhu air minum dalam kemasan terhadap konsentrasi dan karakteristik mikroplastik di dalamnya

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat diantaranya sebagai berikut :

- 1) Hasil penelitian ini dapat menjadi sumber referensi dan pembelajaran terkait pengujian mikroplastik pada sampel air minum kemasan.
- 2) Hasil penelitian ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan informasi terkait bahaya mikroplastik yang terkandung pada air minum kemasan kepada masyarakat umum.

1.5 Ruang Lingkup

Berikut merupakan ruang lingkup yang ada pada tugas akhir ini:

- 1) Penelitian ini membahas tentang mikroplastik pada AMDK yang meliputi dari jumlah partikel mikroplastik, konsentrasi mikroplastik, ukuran mikroplastik, bentuk mikroplastik, warna mikroplastik dan jenis polimer mikroplastik.
- 2) Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan terhitung dari bulan Maret 2025 – Agustus 2025.
- 3) Pengambilan sampel hanya dilakukan pada satu merek air minum kemasan botol pada batch produksi yang sama dan dilakukan uji perlakuan kondisi suhu yang berbeda yaitu suhu $>35^{\circ}\text{C}$, suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$ dan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ selama sehari (8 jam).
- 4) Pengujian sampel dilakukan dengan analisis sampel air minum kemasan menggunakan mikroskop dan FTIR. Pengamatan mikroskop bertujuan agar dapat mengamati karakteristik morfologi yang meliputi jumlah, bentuk dan

warna. Pengamatan juga dilakukan menggunakan Spektrofotometri FTIR (Fourier Transform Infrared) yang bertujuan untuk mengidentifikasi karakter kimia dari mikroplastik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK)

Kebutuhan air minum terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi penduduk. Perusahaan yang bergerak dalam bisnis Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) semakin banyak dan memperluas jangkauan jaringan produknya. Bayangkan saja jika permintaan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terus tinggi sedangkan ketersediaan air layak minum yang memiliki kualitas dan terjamin dari segi kesehatan semakin sulit diperoleh, sehingga masyarakat yang tinggal diperkotaan tidak dapat lepas dari kebutuhan AMDK dalam sehari-hari (Fetrisen & Aziz, 2019).

Air minum merupakan kebutuhan utama manusia. Di dalam tubuh manusia terdiri dari 70-80% cairan berupa air, sehingga manusia tidak bisa hidup tanpa adanya air (Supriyo & Noviana, 2023). Air minum berfungsi sebagai sumber mineral bagi tubuh, pembentukan sel, pengatur suhu tubuh. Dalam satu hari, rata-rata manusia membutuhkan 2 liter air untuk konsumsi (Aryani, 2017).

Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) adalah air yang telah melalui tahapan proses pengolahan serta dikemas dengan aman untuk diminum. Proses pengolahan yang dilalui AMDK terdiri dari 3 tahapan yaitu penyaringan, disinfeksi dan pengisian (Salmawati et al., 2023). Penyaringan bertujuan untuk menghilangkan partikel padat dan gas yang terkandung dalam air yang digunakan. Disinfeksi bertujuan untuk membunuh bakteri patogen dalam air. Pengisian adalah langkah terakhir dalam proses produksi di mana air dimasukkan melalui peralatan yang dapat melindungi air dari kontaminan selama pengemasan. Air minum yang layak untuk konsumsi memiliki kriteria seperti tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, serta tidak mengandung logam berat. Air minum yang sehat dan aman juga harus memenuhi persyaratan bakteriologis, kimia dan fisik (Pramesti & Puspikawati, 2020).

Kemasan botol sekali pakai yang digunakan pada AMDK adalah berbahan *polyethylene terephthalate* (PET). Polimer PET memiliki sifat kuat, stabil secara kimia dan termal, memiliki permeabilitas gas yang rendah, serta mudah diproses

dan ditangani (Webb et al., 2013). Densitas polimer PET adalah $1,38 \text{ g/cm}^3$ yang lebih tinggi daripada air. Botol PET tidak boleh terpapar sinar matahari langsung. Namun, banyak ditemukan bahwa dalam aktivitas penjualan, air minum dalam botol ini sengaja atau tidak sengaja terpapar sinar matahari langsung (Faizah, 2020).

2.2 Mikroplastik

2.2.1 Definisi Mikroplastik

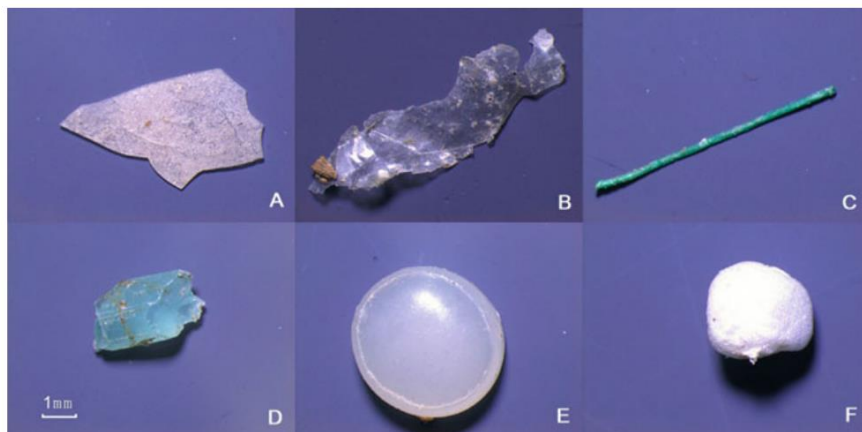
Mikroplastik adalah partikel plastik dengan ukuran $<5 \text{ mm}$ (Gambino et al., 2022). Di alam sampah plastik terdegradasi dan terfragmentasi menjadi mikropartikel yang lebih kecil (Luqman et al., 2021). Indonesia adalah salah satu negara dengan pencemar plastik terbesar di dunia, polusi plastik telah menjadi sumber masalah lingkungan utama bagi ekosistem dan pesisir Indonesia. Sampah plastik mengalami biotik degradasi (biodegradasi oleh mikroba) dan abiotik degradasi (fotodegradasi karena paparan UV matahari atau degradasi pelapukan akibat dari gelombang dan angin). Proses ini mengarah pada pembentukan fragmen plastik yang lebih kecil yang dianggap sebagai mikroplastik. Faktor yang mempengaruhi ukuran mikroplastik adalah lama waktu degradasi, jika semakin lama waktu yang dibutuhkan maka ukuran mikroplastik akan semakin kecil. Ukuran mikroplastik juga dapat dipengaruhi oleh paparan sinar UV matahari (Pfohl et al., 2022). Mikroplastik dapat terbawa oleh angin dan aliran air karena bobotnya yang ringan. Presipitasi, limpasan permukaan, infiltrasi, dan aliran sungai bisa menjadi rute utama yang mentransfer plastik dari darat ke air.

2.2.2 Karakteristik dan Polimer Mikroplastik

Mikroplastik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder (Park & Park, 2021). Mikroplastik primer didefinisikan sebagai plastik berukuran partikel kecil kurang dari 5 mm yang berasal dari plastik pasta gigi, pencuci muka, kosmetik, abrasif industri, dan partikel printer 3D. Mikroplastik sekunder berasal dari degradasi plastik berukuran besar melalui pelapukan fisik, kimia, dan biologis karena

lingkungan, dan menjadi mikroplastik, seperti busa jerami dan vinil mulsa.

Bentuk mikroplastik dapat dibedakan menjadi 5 yaitu fragmen, fiber, foam, pelet dan film. Mikroplastik berbentuk fragment cenderung memiliki bentuk dan tepi yang tidak beraturan dapat berasal dari barang yang berbahan plastik seperti peralatan rumah tangga. Untuk bentuk fiber berasal dari serat pakaian sintetis *polyester* yang terlepas ketika pencucian dengan bercirikan bentuk serat yang panjang. Bentuk mikroplastik foam memiliki permukaan yang halus dengan bentuk menyerupai spon, seperti pelampung busa dan *styrofoam*. Untuk bentuk mikroplastik granul/pelet adalah bulat yang menyerupai biji-bijian, penggunaannya seringkali ditemui dalam produk kosmetik. Sedangkan, bentuk film merupakan mikroplastik dengan permukaan tipis umumnya berasal dari penggunaan plastik yang tidak di daur ulang dengan baik seperti kantong, botol, dan sebagainya (Yin et al., 2019).



a) sheet; b) film; c) fiber; d) fragment; e) pellet/granule; f) foam

Sumber : (Wu et al., 2018)

Gambar 2.1 Bentuk Mikroplastik

Mikroplastik memiliki banyak warna yang dipengaruhi oleh komposisi material dan proses produksi. Warna mikroplastik dapat bervariasi tergantung pada jenis plastik dan bahan pewarna yang digunakan. Warna mikroplastik yang umumnya ditemukan adalah transparan, hitam, merah, cokelat, biru, ungu, hijau, kuning dan oranye. Warna mikroplastik dapat berubah seiring dengan waktu karena faktor lamanya terpapar sinar matahari yang dimana semakin lama paparan terjadi maka proses oksidasi semakin lama dan

akibatnya terjadi perubahan warna pada mikroplastik, serta faktor kontaminasi lingkungan yang menyebabkan warna semakin menggelap atau memudar (Azizah et al., 2020).

Plastik merupakan materi polimer yang terdiri dari rantai atom yang panjang yang saling terikat. Rantai ini membentuk berbagai unit molekul berulang, yang dikenal sebagai monomer. Jenis plastik yang umumnya ditemukan terdiri dari polimer yang terdiri dari unsur karbon, serta mungkin mengandung oksigen, nitrogen, klorin, atau sulfur (Ulya, 2024). Polimer gugus fungsi mikroplastik yang umumnya ditemukan yaitu *Polyethylene terephthalate* (PET), *Polyvinyl chloride* (PVC), *polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS) dan *Polyamide* atau *nylon* (PA).

2.2.3 Dampak Mikroplastik

Mikroplastik dapat menimbulkan dampak negatif bagi makhluk hidup, karena ukurannya yang sangat kecil dapat dengan mudah masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Jalur utama masuknya paparan mikroplastik pada manusia adalah melalui konsumsi, inhalasi dan kontak kulit. Mikroplastik dapat terakumulasi dalam organisme di bagian bawah rantai makanan, seperti fitoplankton, dan kemudian berpindah ke organisme yang lebih tinggi dalam rantai makanan, termasuk manusia (Faujiah & Wahyuni, 2022). Kemudian mikroplastik dapat terhirup oleh pernapasan melalui paparan mikroplastik di udara, sedangkan paparan mikroplastik melalui kontak kulit dianggap kurang signifikan karena mikroplastik sulit menyerap pada kulit. Efek paparan mikroplastik bagi tubuh manusia dapat menimbulkan efek toksik kerusakan jaringan serta peradangan kronis dan potensi risiko penyakit seperti gangguan enzim pencernaan, penurunan kesuburan, radang, dan stres oksidatif (Asih & Levi, 2021).

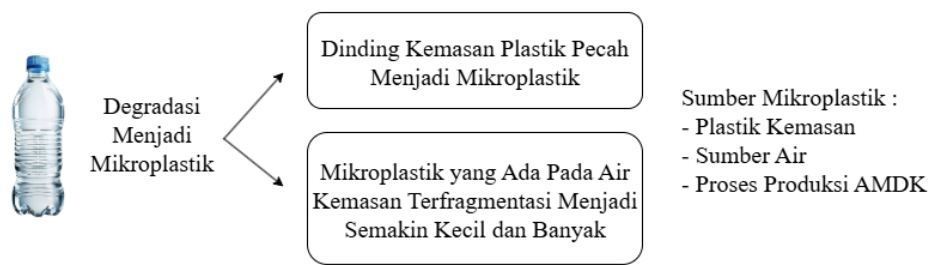
Mikroplastik dapat menyebar ke berbagai ekosistem, baik di darat maupun di perairan, dan menjadi sumber pencemaran yang luas. Mereka dapat bertindak sebagai tempat penampungan bagi bahan kimia beracun, meningkatkan bioavailabilitas dan toksisitas zat-zat tersebut. Mikroplastik dapat mempengaruhi pertumbuhan alga dan organisme air lainnya. Kombinasi mikroplastik dengan bahan kimia lain, seperti *bisphenol A*, dapat

mengganggu pembelahan membran sel dan integritasnya, serta mempengaruhi kelangsungan hidup mikroorganisme air. Mikroplastik telah diidentifikasi sebagai sumber utama pencemaran di ekosistem akuatik dan atmosfer, dengan dampak yang merugikan pada biota dan habitat alami (Amobonye et al., 2021).

Mikroplastik memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai zat kimia beracun dari lingkungan sekitarnya seperti polutan organik dan anorganik. Mekanisme adsorpsi ini dipengaruhi berbagai faktor seperti jenis polimer, ukuran partikel mikroplastik, dan kondisi lingkungan seperti pH dan salinitas. Contohnya, mikroplastik jenis *polyethylene* (PE) dan *polystyrene* (PS) telah terbukti efektif dalam menyerap pestisida seperti imidakloprid dan difenokonazol, serta logam berat seperti kadmium dan timbal. Adsorpsi ini terjadi melalui interaksi fisik seperti gaya Van der Waals dan interaksi kimia seperti pembentukan ikatan hidrogen dan ikatan ion (Komari et al., 2024).

2.3 Mikroplastik pada AMDK

Berdasarkan penelitian, mikroplastik telah ditemukan pada 93% sampel air minum kemasan botol dengan rata-rata konsentrasi mikroplastik yang ditemukan 325 partikel/L dari negara Amerika Serikat, India, Meksiko, Indonesia, Jerman, Perancis dan China (Ikhrum et al., 2024). Keberadaan mikroplastik pada air minum kemasan dapat berasal dari kemasannya itu sendiri yaitu kemasan botol dan tutupnya pada saat pemrosesan kemasan. Selain itu kontaminasi dapat terjadi dari sumber air baku yang digunakan, bahan kemasan yang mengalami penuaan material dan pengaruh suhu lingkungan, serta rangkaian proses pengisian botol air dengan tekanan tinggi dapat menyebabkan pelepasan partikel plastik kedalam kemasan (Kankanige & Babel, 2020). Mikroplastik bentuk fragment, film dan fiber dengan warna transparan, merah, biru, coklat tua dan putih adalah contoh mikroplastik yang sering teridentifikasi pada air minum (Amir, 2023).



Gambar 2.2 Mekanisme Pelepasan Mikroplastik Pada AMDK

2.4 Pengaruh Suhu Terhadap Degradasi Mikroplastik

Faktor lingkungan termasuk paparan sinar matahari dan usia botol menunjukkan efek paling merusak pada struktur polimer dalam badan botol PET dan pelepasan Mikroplastik (Taheri et al., 2023). Peningkatan paparan panas dari sinar UV matahari mengubah sifat permukaan mikroplastik, khususnya sudut kontak, yang menyebabkan peningkatan hidrofilisitas permukaan (Gunther et al., 2023). Suhu pada kondisi luar ruangan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu pada kondisi normal dalam ruangan. Suhu dan durasi paparan sinar matahari atau UV mempengaruhi proses foto-oksidasi. Sinar UV matahari memiliki energi yang cukup untuk menghasilkan radikal bebas awal sebagai produk fotokimia utama (Nur et al., 2022).

2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul	Hasil Penelitian	Referensi
Kandungan Mikroplastik Pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang Beredar di Semarang, Jawa Tengah	Pada hasil penelitian ini didapatkan bahwa sampel air minum dalam kemasan yang beredar di Kota Semarang dengan perlakuan sampel dipanaskan dengan sinar matahari pada suhu 28 dan 40°C memiliki bentuk mikroplastik dominan fragmen. Untuk ukuran mikroplastik dengan bentuk fragmen yaitu 1,91-44,58 µm dan bentuk fiber yaitu 2,94-130,02 µm. Jumlah partikel dan konsentrasi mikroplastik terbanyak terdapat pada sampel botol merek P yaitu 59 partikel/botol dan 0,0136 gram. Serta gugus fungsi dari sampel tersebut adalah <i>polyethylene terephthalate</i> (PET).	(Supriyo & Noviana, 2023)

Judul	Hasil Penelitian	Referensi
	Keberadaan mikroplastik dalam sampel air tersebut dapat disebabkan dari sumber air, kemasan produk dan paparan sinar matahari yang dapat memengaruhi keadaan produk.	
Analisis Mikroplastik Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Padang	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sampel AMDK Kota Padang sudah terkontaminasi mikroplastik. Kelimpahan rata-rata mikroplastik sekitar 5–11 partikel/L. Partikel mikroplastik yang ditemukan pada 3 merek sampel didominasi jenis fragmen, serta ada juga jenis lainnya yaitu fiber dan pelet. Selain itu, mikroplastik yang ditemukan didominasi warna hitam dan ada juga berwarna coklat, biru dan kuning. Berdasarkan Uji Kruskal Wallis diketahui bahwa ada perbedaan signifikan antara ketiga merek AMDK yang digunakan sebagai sampel.	(Ikhrum et al., 2024)
Degradation of Polyethylene Terephthalate (PET) as Secondary Microplastics Under Three Different Environmental Condition	Penelitian ini mengenai penggunaan botol PET sebagai media biofilm IPAL yang dapat terdegradasi sebagai mikroplastik sekunder. Penelitian dilakukan dengan perendaman botol PET yang sudah dipotong ke dalam gelas beaker berisi akuades serta ditempatkan pada 3 kondisi lingkungan berbeda yaitu penempatan sampel dalam lab, diluar lab dengan penyinaran UV dan penempatan dilapangan terpapar sinar matahari selama 7 bulan pengamatan. Kandungan mikroplastik yang didapatkan berturut-turut adalah $18,67 \pm 7,02$ MP/L, $44,00 \pm 12,77$ MP/L dan $248,67 \pm 29,09$ MP/L.	(Nur et al., 2022)
Smaller-sized micro plastics (MPs) contamination in single use PET bottled water in Thailand	Pada sampel dengan 10 merek berbeda dari penelitian ini ditemukan jumlah rata-rata mikroplastik sebanyak 6,5–20 μm , 20–50 μm , dan ≥ 50 μm . Kemasan air minum dengan botol plastik PET memiliki konsentrasi mikroplastik signifikan daripada kemasan botol kaca dengan hasil botol PET (140 ± 19 p/L) dan botol kaca (52 ± 4 p/L). Mikroplastik yang banyak terdeteksi pada kemasan PET mungkin berasal dari kemasan dan tutup botol. Namun mikroplastik yang	(Kankanige & Babel, 2020)

Judul	Hasil Penelitian	Referensi
	ditemukan pada botol kaca juga menyiratkan kontaminasi tidak terlepas dari jenis kemasannya. Kontaminasi dapat berpindah dari pabrik pengolahan disepanjang jalur distribusi ke pabrik pembotolan .	
Occurrence of Microplastics in Drinking Water in South East Asia: A Short Review	Dari hasil studi yang telah dilakukan di Asia Tenggara telah melaporkan keberadaan mikroplastik pada air minum. Konsentrasi mikroplastik bervariasi tergantung sumber dan lokasi. Mikroplastik yang paling umum ditemukan adalah fragmen, fiber dan film yang diketahui memiliki efek samping terhadap kesehatan manusia. Beberapa metode telah diusulkan untuk menghilangkan mikroplastik pada air minum dengan penggunaan karbon aktif, filtrasi membran, proses fenton dan fotokatalis. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan metode yang paling efektif karena masalah ini memerlukan perhatian segera dari pemerintah, pembuat kebijakan dan masyarakat.	(New et al., 2023)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Berikut tahapan penelitian dalam bentuk diagram alir yang dimulai dari persiapan, pengumpulan data, analisis data dan pembahasan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel mikroplastik pada air minum dalam kemasan, variasi perlakuan sampel mikroplastik dan analisis mikroplastik menggunakan metode NOAA (*National Oceanic and Atmospheric*

Administration). Pengujian sampel dilakukan dengan analisis sampel air minum kemasan menggunakan mikroskop. Pengamatan mikroskop bertujuan agar dapat mengamati karakteristik morfologi yang meliputi konsentrasi, bentuk dan warna. Pengamatan juga dilakukan menggunakan Spektrofotometri FTIR (*Fourier Transform Infrared*) yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis polimer dari mikroplastik. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Maret hingga Agustus 2025. Untuk analisis sampel dilakukan mulai bulan Mei hingga Juni 2024 yang terdiri dari pengambilan dan perlakuan variasi suhu dengan kondisi lingkungan yang berbeda pada sampel air minum dalam kemasan. Serta analisis mikroplastik pada sampel dilakukan di Laboratorium Air dan Laboratorium Bioteknologi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.3 Alat dan Bahan

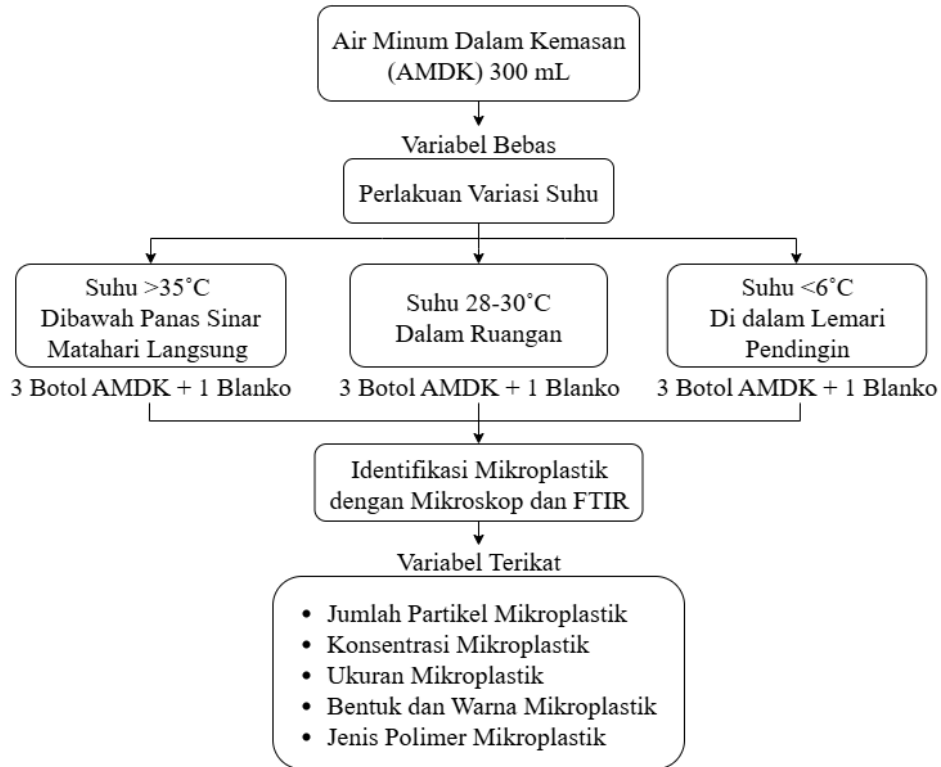
Pada Tabel 3.1 ditunjukkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat dan Bahan	Jumlah	Satuan
	Alat:		
1.	Gelas Beaker 500 mL	1	Buah
2.	Cawan Petri	12	Buah
3.	Gelas Ukur 500 mL	1	Buah
4.	Vacum pump	1	Buah
5.	Kertas Whatman	12	Buah
6.	Preparat	1	Buah
7.	Mikroskop	1	Buah
8.	FTIR (Fourier Transform Infrared)	1	Buah
	Bahan:		
1.	Sampel Air Minum Botol	12	botol

3.4 Pengumpulan Data

Skema penelitian dimulai dari perlakuan 3 variasi suhu pada AMDK yaitu: suhu $>35^{\circ}\text{C}$, suhu $28-30^{\circ}\text{C}$, dan suhu $<6^{\circ}\text{C}$. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan identifikasi mikroplastik dengan mikroskop dan FTIR. Data identifikasi yang didapatkan meliputi jumlah partikel, ukuran, bentuk, warna dan jenis polimer mikroplastik.



Gambar 3.2 Skema Desain Penelitian

3.4.1 Pengambilan dan Perlakuan Sampel

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Sampel air minum kemasan (AMDK) diperoleh dari toko ritel atau toko grosir di Kabupaten Sleman, dan seluruh sampel awalnya berada pada kondisi suhu ruangan. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 9 botol AMDK dengan satu jenis merek dan volume 300 mL serta dengan batch produksi yang sama (B4 20 : 43). Kemudian diberi 3 perlakuan variasi suhu selama sehari (8 jam) yaitu sampel AMDK dipanaskan pada suhu $>35^{\circ}\text{C}$ dengan dijemur di bawah sinar matahari, didinginkan pada mesin pendingin pada suhu $<6^{\circ}\text{C}$ dan sampel pada suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$, masing-masing dilakukan secara triplo.

Tujuan perlakuan sampel ini adalah untuk melihat perbedaan jumlah mikroplastik akibat pengaruh lingkungan dari suhu dan durasi paparan sinar matahari yang mempengaruhi proses foto-oksidasi (Nur et al., 2022). Pada beberapa penelitian mengenai mikroplastik dengan sampel AMDK umumnya tidak memerlukan *wet peroxide oxidation* (pemisahan bahan organik) dan pemisahan densitas sebelum filtrasi dan pengamatan mikroskop atau FTIR, karena AMDK merupakan sampel cair yang relatif bersih, tidak mengandung banyak bahan organik atau partikel lainnya seperti sampel sedimen, air laut atau organisme. Sampel langsung difiltrasi dan diidentifikasi dengan mikroskop dan FTIR.



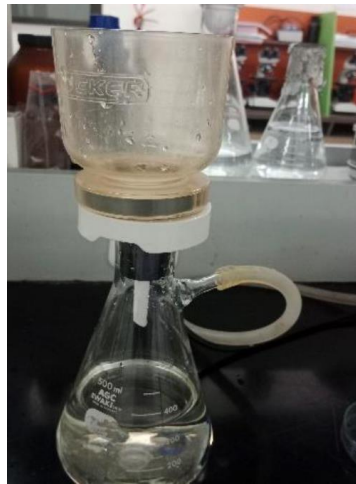
Gambar 3.3 Perlakuan Suhu Pada Sampel

Mikroplastik yang terdeteksi selama pengujian di laboratorium juga dapat dipengaruhi oleh kemungkinan adanya kontaminasi dari ruangan, alat, dan bahan yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan kontrol ketat terhadap lingkungan pengujian untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh merefleksikan kondisi sampel yang sebenarnya, bukan dipengaruhi oleh faktor eksternal. Pencegahan kontaminasi sampel di laboratorium dilakukan dengan menggunakan blanko uji. Penggunaan blanko uji laboratorium ini bertujuan untuk memastikan validitas data hasil pengujian, karena dapat menunjukkan apakah ada kontaminasi yang terjadi selama proses analisis (Kankanige & Babel, 2020). Blanko yang digunakan berupa blanko kosong aquades yang dimasukkan kedalam botol plastik kosong dari sampel yang sama dengan AMDK, lalu diberi 3 perlakuan suhu yang sama dengan sampel. Dengan adanya pengujian blanko ini, hasil akhir yang

diperoleh dari sampel mikroplastik dapat lebih akurat dan valid, karena kontaminasi yang tidak terdeteksi dapat dievaluasi dan dikecualikan dari hasil konsentrasi mikroplastik yang terukur.

3.4.2 Penyaringan Sampel Mikroplastik

Setelah dilakukan variasi perlakuan suhu pada setiap sampel AMDK dan blanko, semuanya dipindahkan ke dalam botol kaca 100 mL. Tujuannya agar tidak ada terjadi kontaminasi lanjutan seperti pelepasan partikel mikroplastik dari kemasan. Selanjutnya adalah proses penyaringan mikroplastik, penyaringan ini dilakukan dengan menyiapkan kertas saring Whatman GF/C yang dipasang pada *vacum pump* guna mempercepat penyaringan (Ulya, 2024). Setelah kertas saring whatman terpasang, larutan sampel AMDK dituangkan ke kertas whatman pada *vacum pump*. Dalam proses ini mikroplastik akan tersaring pada permukaan kertas dan larutan akan melewati kertas.



Gambar 3.4 Proses Penyaringan Mikroplastik Pada Sampel

Setelah proses penyaringan selesai, kertas saring yang mengandung mikroplastik diletakkan pada cawan petri kaca yang tertutup dan di oven dengan suhu 40°C selama 24 jam. Setelah kering, kertas saring siap untuk diamati dengan mikroskop dan FTIR pada tahap identifikasi mikroplastik.



Gambar 3.5 Proses Pengeringan Sampel Mikroplastik

3.4.3 Identifikasi Karakteristik Mikroplastik

Mikroskop binokuler yaitu alat untuk mengidentifikasi partikel mikroplastik berukuran kecil. Untuk pengamatan identifikasi penelitian ini dilakukan dengan bantuan alat mikroskop olympus menggunakan perbesaran 10X dan sudah terhubung dengan komputer sehingga pengamatan dapat lebih mudah karena visualisasi yang disajikan dapat langsung disimpan dalam bentuk gambar (Azizah et al., 2020). Kertas saring sebelum diidentifikasi dengan mikroskop mula-mula dibagi menjadi 4 kuadran agar pengamatan identifikasi dan olah data lebih mudah, kemudian dilakukan pengamatan secara menyeluruh dari kuadran 1 hingga 4.



Gambar 3.6 Identifikasi Sampel dengan Mikroskop

Pengamatan ini bertujuan untuk menentukan jumlah partikel, konsentrasi dan bentuk fisik mikroplastik dalam sampel AMDK botol. Proses ini melibatkan identifikasi visual mikroplastik berdasarkan karakteristik morfologi, seperti jumlah, bentuk, warna, dan ukuran. Untuk jumlah mikroplastik dihitung jumlahnya dari 100 mL dalam satu botol sampel AMDK. Ukuran mikroplastik pada sampel AMDK dapat mencapai $<20\ \mu\text{m}$. Sedangkan bentuk-bentuk mikroplastik disajikan pada gambar 2.1 dan tabel berikut.

Tabel 3.2 Penjelasan Bentuk Mikroplastik

Bentuk Mikroplastik	Keterangan
Fragmen	Memiliki bentuk dan tepi yang tidak beraturan dapat berasal dari barang yang berbahan plastik seperti peralatan rumah tangga
Fiber	Berasal dari serat pakaian sintetis polyeseter yang terlepas ketika pencucian dengan bercirikan bentuk serat yang panjang.
Pelet	Berbentuk bulat yang menyerupai biji-bijian, penggunaannya seringkali ditemui dalam produk kosmetik.
Foam	Memiliki permukaan yang halus dengan bentuk menyerupai spon, seperti pelampung busa dan <i>styrofoam</i> .
Film	Permukaan lembaran tipis umumnya berasal dari penggunaan plastik yang tidak di daur ulang dengan baik seperti kantong, botol, dan sebagainya

Kategori warna dalam identifikasi mikroplastik sebagai berikut.

- Transparan : mikroplastik yang tembus cahaya.
- Warna spesifik : biru, merah, hijau, hitam dan kuning.

3.4.4 Penentuan Jenis Polimer

Setelah pengamatan mikroskop, sampel mikroplastik yang telah diidentifikasi kemudian diuji menggunakan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) tipe IRTracer-100 merk Shimadzu. Uji FTIR adalah metode yang digunakan untuk menentukan jenis polimer mikroplastik yang terkandung dalam sampel. Kemudahan dan hasil keluar yang cepat dalam menggunakan FTIR juga menjadi alasan penggunaan alat ini, selain itu juga

tidak merusak gugus fungsi dari berbagai jenis plastik (Tagg et al., 2015). Proses uji dimulai dari penandaan area sampel kertas saring yang mengandung mikroplastik pada uji mikroskop sebelumnya atau dengan memindahkan partikel yang kelihatan dengan cahaya melalui bantuan alat pinset khusus lalu diletakan pada plat FTIR. Uji FTIR dilakukan dengan menembakkan sinar infra merah ke area sampel dan hasil spektrum infra merah dianalisis untuk mengidentifikasi jenis polimer mikroplastik.



Gambar 3.7 Identifikasi Sampel dengan FTIR

Hasil dari uji ini akan memberikan gambaran tentang grafik dan tabel jenis polimer plastik yang paling dominan ditemukan pada sampel AMDK botol. Polimer yang sering terdeteksi pada mikroplastik yaitu:

- PET (*polyethylene terephthalate*)
- PP (*polypropylene*)
- PE (*polyethylene*)
- PS (*polystyrene*)
- PVC (*polyvinyl chloride*)

3.5 Analisis Data

3.5.1 Perhitungan Konsentrasi Mikroplastik

Data yang diperoleh melalui pengamatan mikroskop digunakan untuk menganalisis konsentrasi mikroplastik di setiap sampel. Konsentrasi

mikroplastik pada AMDK didapatkan dari hasil perhitungan berdasarkan jumlah partikel mikroplastik yang diperoleh per volume sampel.

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik}}{\text{Volume sampel}}$$

3.5.2 Estimasi Asupan Paparan Harian Mikroplastik

Untuk memperkirakan asupan paparan harian mikroplastik pada manusia yang jika diasumsikan hanya mengonsumsi air minum melalui AMDK, digunakan metode perhitungan berdasarkan penelitian (Ravanbakhsh et al., 2023) dan (Zuccarello et al., 2019). Rumus persamaan yang digunakan yaitu

$$\text{EDI} = \frac{\text{CF} \times \text{Cd}}{\text{Bw}}$$

Keterangan:

EDI = Estimasi Asupan Harian / *Estimation Daily Intake* (partikel/kg bb/hari)

CF = Konsentrasi Mikroplastik Dalam Sampel Air Kemasan (partikel/L)

Cd = Konsumsi Air Harian (L)

Untuk orang dewasa 2 L, Anak-anak 1 L dan Bayi 0,75 L

Bw = Rerata Berat Badan (Kg)

Untuk orang dewasa 55 kg, Anak-anak 15 kg dan Bayi 5 kg

Sumber: Direktorat Jenderal PP dan PL Kemenkes RI (2012)

3.5.3 Analisis Data Mikroplastik dengan Statistik Deskriptif

Data dari sampel yang sebelumnya sudah dilakukan identifikasi jumlah partikel serta ukuran mikroplastik dan perhitungan konsentrasi mikroplastik, kemudian dilakukan analisis statistik deskriptif dengan bantuan *tools data analysis* pada *software microsoft excel* untuk mengetahui nilai rata-rata, median, simpangan baku, varian sampel, rentang, nilai minimum dan maksimum. Tujuan digunakan statistik deskriptif yaitu untuk menyajikan data dalam bentuk yang mudah dipahami, memberikan gambaran umum dari data yang dikumpulkan, membantu menggambarkan perbandingan data antar kelompok dan membantu validasi data.

- Rata-rata $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$
- Simpangan Baku $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
- Varian sampel $s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

Keterangan:

x_i = Jumlah dari semua nilai dalam sampel

n = Jumlah data

$\sum (x_i - \bar{x})^2$ = Jumlah kuadrat dari selisih setiap nilai data dengan rata-ratanya.

Data variabel seperti jumlah partikel mikroplastik, konsentrasi mikroplastik, ukuran mikroplastik, bentuk mikroplastik dan warna mikroplastik divisualisasikan dalam bentuk diagram. Untuk jumlah dan konsentrasi mikroplastik disajikan dalam bentuk diagram batang pada semua sampel, kemudian hasil akhir setelah pengurangan blanko yang juga disajikan dalam bentuk diagram batang. Ukuran mikroplastik disajikan dalam tabel yang memuat kategori ukuran, setelah keseluruhan partikel diukur ukurannya. Bentuk dan warna mikroplastik masing-masing dibuat diagram batang per setiap sampel. Kemudian, ditambahkan juga diagram lingkaran yang memuat persentase warna pada setiap perlakuan sampel. Serta juga membuat diagram gelembung untuk mengetahui jumlah bentuk partikel per setiap warna. Hasil dari setiap variabel lalu dihitung selisihnya, untuk mengetahui besaran jumlah dari perbandingan pada setiap perlakuan suhu.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Sampel Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang akan dianalisis mikroplastiknya terlebih dahulu dilakukan variasi perlakuan suhu yaitu ditempatkan langsung di bawah sinar matahari untuk variasi suhu panas $>35^{\circ}\text{C}$, ditempatkan pada lemari pendingin untuk variasi suhu dingin $<6^{\circ}\text{C}$ dan variasi suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$.

Sampel yang digunakan adalah satu jenis merek AMDK yang kemudian dilakukan uji variasi perlakuan suhu untuk mengetahui perbandingan pengaruh suhu terhadap karakteristik dan konsentrasi mikroplastik yang ada pada AMDK. Pada perlakuan sampel yang dipanaskan dibawah matahari secara langsung dilakukan pada 4 Mei 2025 dengan pantauan cuaca situs BMKG sebagai berikut : suhu 31°C , Kelembaban 71% dan kecepatan angin 3 km/jam pada siang hari.

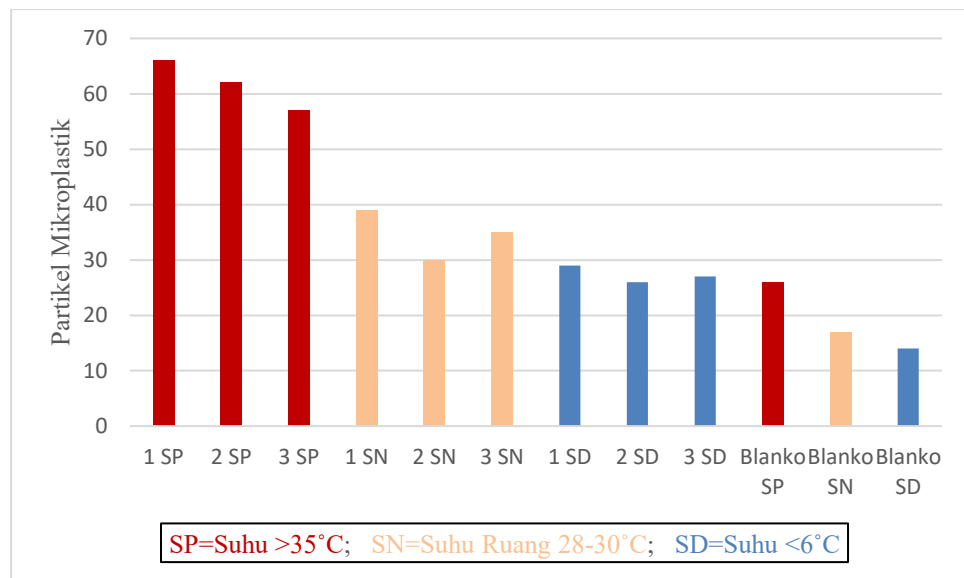
Tabel 4.1 Pengamatan Perlakuan Sampel Pada Suhu $>35^{\circ}\text{C}$

Perlakuan Suhu	Waktu Pengamatan	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Kondisi Cuaca
Sinar Matahari Langsung	08.00 WIB	36	Cerah
	10.00 WIB	38	Cerah
	12.00 WIB	39	Cerah
	14.00 WIB	42	Cerah
	16.00 WIB	40	Cerah

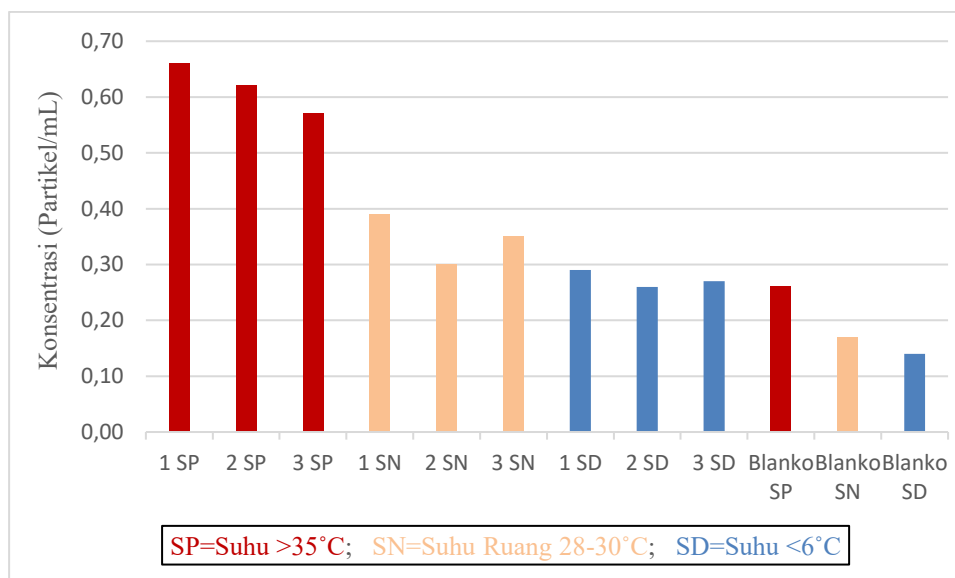
Sedangkan pada sampel dengan perlakuan suhu rendah ditempatkan pada lemari pendingin dengan suhu dibawah 6°C dan sampel dengan suhu normal ditempatkan pada suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$.

4.1.1 Jumlah dan Konsentrasi Mikroplastik

Dalam penelitian ini, proses identifikasi dan kualifikasi mikroplastik di air minum dalam kemasan dengan pengamatan sampel pada kertas saring menggunakan mikroskop. Sebelumnya kertas saring whatman GF/C disaring dengan vacum pump, sampel air akan larut melewati kertas saring sedangkan mikroplastik akan tertahan pada kertas saring. Agar mempermudah dalam menghitung jumlah partikel mikroplastik, kertas saring ditandai dengan membagi menjadi 4 kuadran. Jumlah mikroplastik akan dihitung dengan analisis counting chamber yang dimana jumlah partikel mikroplastik akan diamati melalui mikroskop olympus dengan pembesaran 10× kemudian didata jumlahnya.



Gambar 4.1 Hasil Jumlah Partikel Mikroplastik Pada Setiap Sampel



Gambar 4.2 Hasil Konsentrasi Mikroplastik Pada Setiap Sampel

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 merupakan data yang menampilkan jumlah partikel mikroplastik dan konsentrasi mikroplastik pada 12 sampel yang telah diuji. Sampel terdiri dari Sampel AMDK dan Blanko akuades. Pada setiap perlakuan suhu pada AMDK diambil sampel secara triplo dan satu blanko akuades. Hasil jumlah partikel yang didapatkan yaitu pada perlakuan suhu $>35^{\circ}\text{C}$ didapatkan jumlah partikel mikroplastik berturut-turut yaitu 66 partikel, 62 partikel, 57 partikel dan blanko 26 partikel. Pada perlakuan suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ didapatkan jumlah partikel berturut-turut yaitu 39 partikel, 30 partikel, 35 partikel dan blanko 17 partikel. Pada perlakuan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ didapatkan jumlah partikel berturut-turut yaitu 29 partikel, 26 partikel, 27 partikel dan blanko 14 partikel.

Untuk Konsentrasi mikroplastik pada sampel dengan perlakuan suhu $>35^{\circ}\text{C}$ didapatkan konsentrasi mikroplastik berturut-turut yaitu 0,66 partikel/mL, 0,62 partikel/mL, 0,57 partikel/mL dan blanko 0,36 partikel/mL. Pada perlakuan suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ didapatkan konsentrasi mikroplastik berturut-turut yaitu 0,39 partikel/mL, 0,30 partikel/mL, 0,35 partikel/mL dan blanko 0,17 partikel/mL. Sedangkan pada perlakuan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ didapatkan konsentrasi mikroplastik berturut-turut yaitu 0,29 partikel/mL, 0,26 partikel/mL, 0,27 partikel/mL dan blanko 0,14 partikel/mL.

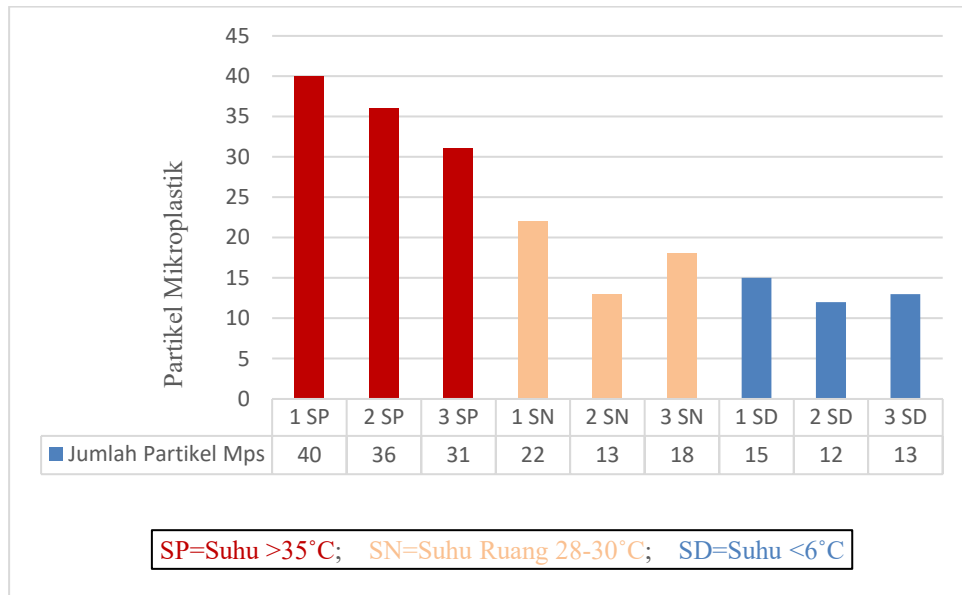
Tabel 4.2 Statistik Deskriptif Konsentrasi Mikroplastik (partikel/mL)

Hasil	Suhu >35°C	Suhu 28–30°C	Suhu <6°C
Rata-rata	0,62	0,35	0,27
Median	0,62	0,35	0,27
Simpangan Baku	0,05	0,05	0,02
Varian Sampel	0,0020	0,0020	0,0002
Rentang	0,09	0,09	0,03
Minimum	0,57	0,3	0,26
Maksimum	0,66	0,39	0,29

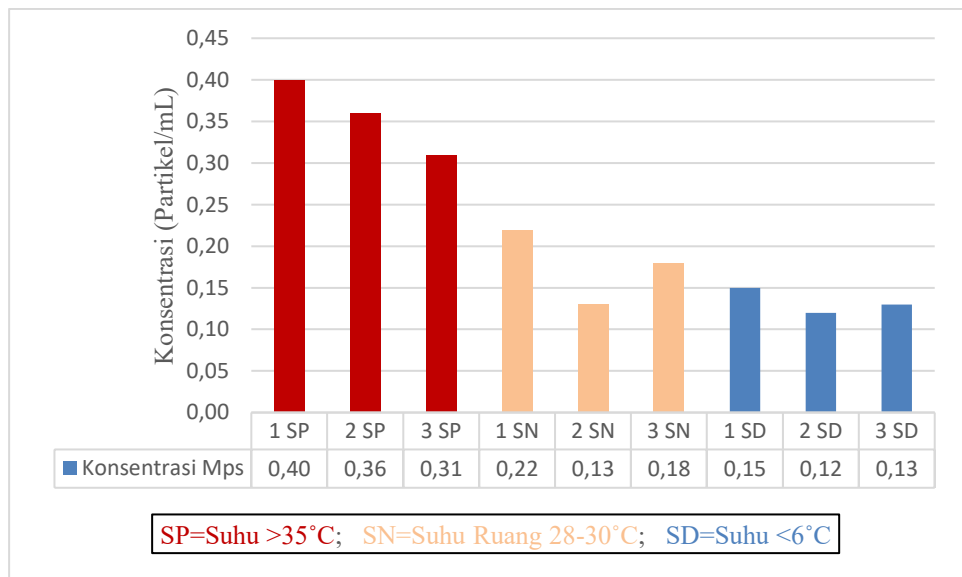
Berdasarkan hasil statistik deskriptif yang disajikan pada Tabel 4.2, diperoleh nilai rata-rata (mean) konsentrasi mikroplastik tertinggi pada suhu >35°C dengan nilai 0,62 partikel/mL, diikuti dengan suhu 28–30°C yang memiliki rata-rata 0,35 partikel/mL, dan suhu <6°C dengan rata-rata 0,27 partikel/mL. Nilai median untuk ketiga suhu tersebut menunjukkan angka yang sama dengan nilai rata-rata, yaitu 0,62, 0,35, dan 0,27 pada masing-masing suhu. Simpangan baku (standard deviation) yang diperoleh pada masing-masing suhu menunjukkan nilai yang relatif kecil, yaitu 0,05 untuk suhu >35°C dan 28–30°C, serta 0,02 untuk suhu <6°C. Hal ini mengindikasikan bahwa data konsentrasi mikroplastik pada setiap suhu relatif tidak tersebar jauh dari rata-rata. Varian sampel untuk ketiga suhu menunjukkan hasil yang seragam, yaitu 0,0020 untuk suhu >35°C dan 28–30°C, serta sedikit lebih kecil pada suhu <6°C, yaitu 0,0002. Rentang (range) konsentrasi mikroplastik di setiap suhu juga terlihat serupa, dengan rentang terbesar pada suhu >35°C dan 28–30°C yaitu 0,09 partikel/mL, sedangkan pada suhu <6°C rentang yang tercatat lebih kecil yaitu 0,03 partikel/mL.

Pengujian blanko akuades sangat penting untuk mengetahui tingkat kontaminasi latar belakang. Blanko kosong digunakan sebagai kontrol tanpa sampel, untuk menunjukkan apakah ada kontaminasi mikroplastik dari lingkungan, alat dan bahan selama proses analisis (Kankanige & Babel, 2020). Selain itu juga blanko sebagai penyesuaian atau untuk mengoreksi hasil akhir sampel, yang dimana hasil jumlah partikel mikroplastik sampel AMDK dikurangi jumlah partikel mikroplastik sampel blanko akuades untuk mendapatkan jumlah neto. Melakukan uji blanko sangat disarankan untuk

menjamin keakuratan data mikroplastik dalam penelitian. Berikut merupakan hasil jumlah partikel dan konsentrasi mikroplastik pada sampel setelah pengurangan nilai jumlah partikel dan konsentrasi mikroplastik yang ada pada blanko.



Gambar 4.3 Jumlah Partikel Mikroplastik Setelah Koreksi Blanko



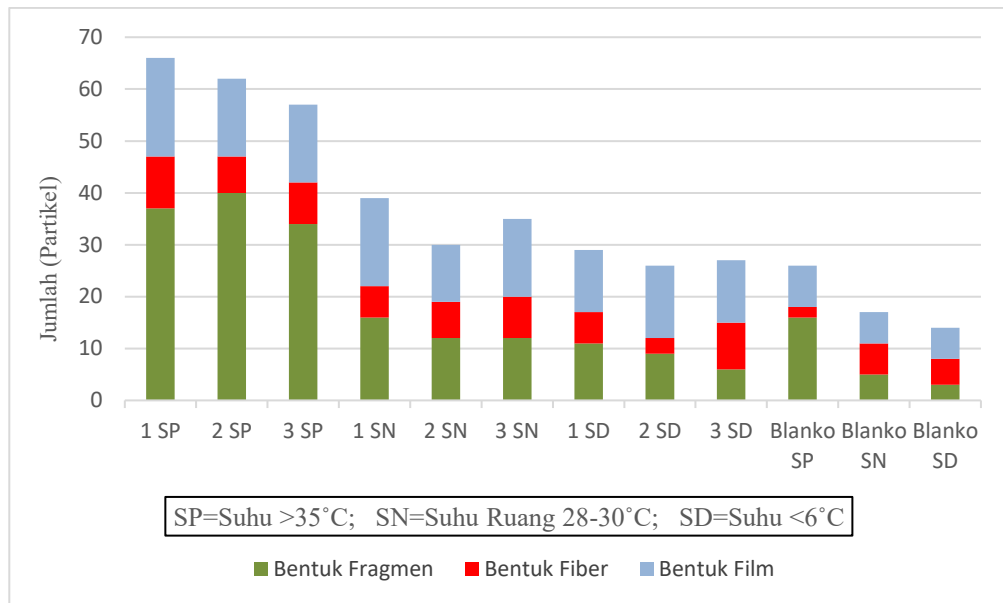
Gambar 4.4 Konsentrasi Mikroplastik Setelah Koreksi Blanko

Berdasarkan jumlah partikel mikroplastik setelah pengurangan blanko akuades hasilnya yaitu pada perlakuan suhu $>35^{\circ}\text{C}$ didapatkan jumlah partikel berturut-turut yaitu 40 partikel, 36 partikel, 31 partikel dengan rata-rata 35,6 partikel. Pada perlakuan suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$ didapatkan jumlah partikel berturut-turut yaitu 22 partikel, 13 partikel, 18 partikel dengan rata-rata 17,6 partikel. Sedangkan pada perlakuan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ didapatkan jumlah partikel berturut-turut yaitu 15 partikel, 12 partikel, 13 partikel dengan rata-rata 13,3 partikel.

Untuk Konsentrasi mikroplastik pada sampel dengan perlakuan suhu $>35^{\circ}\text{C}$ didapatkan konsentrasi mikroplastik berturut-turut yaitu 0,40 partikel/mL, 0,36 partikel/mL, 0,31 partikel/mL dengan rata-rata 0,35 partikel/mL. Pada perlakuan suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$ didapatkan konsentrasi mikroplastik berturut-turut yaitu 0,22 partikel/mL, 0,13 partikel/mL, 0,18 partikel/mL dengan rata-rata 0,17 partikel/mL. Sedangkan pada perlakuan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ didapatkan konsentrasi mikroplastik berturut-turut yaitu 0,15 partikel/mL, 0,12 partikel/mL, 0,13 partikel/mL dengan rata-rata 0,13 partikel/mL.

4.1.2 Bentuk dan Warna Mikroplastik

Dalam identifikasi penelitian ini tidak hanya memerhatikan jumlah partikel dan konsentrasi mikroplastik saja. Namun juga mengidentifikasi bentuk dan warna pada setiap partikel mikroplastik. Pengamatan dengan mikroskop binokuler dapat mempermudah dalam membantu identifikasi morfologi bentuk dan warna setiap partikel mikroplastik. Dalam penelitian ini beberapa tipe bentuk mikroplastik ditemukan pada sampel seperti fragmen, fiber dan film yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Berikut merupakan data jumlah bentuk yang ditemukan pada setiap sampel.

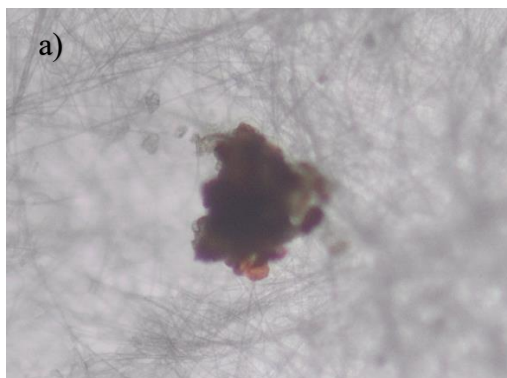


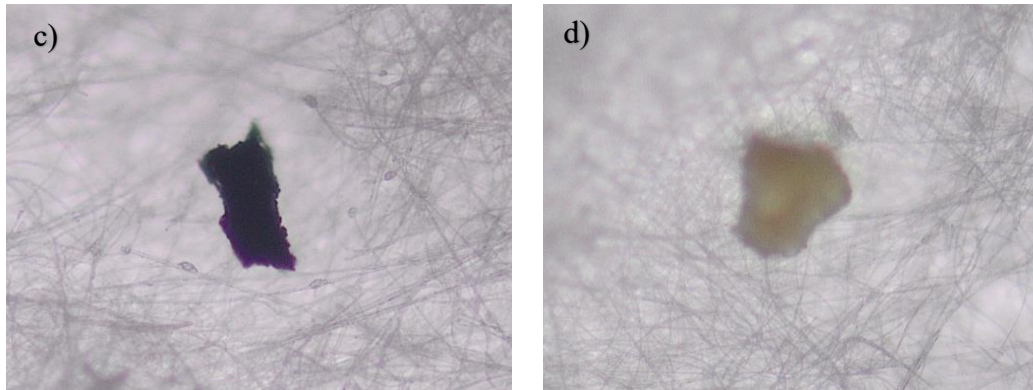
Gambar 4.5 Bentuk Mikroplastik Pada Setiap Sampel

Berikut merupakan bentuk dan warna yang ditemukan pada keseluruhan sampel sebagai berikut.

1) Fragmen

Mikroplastik fragmen memiliki bentuk pecahan dengan tepian yang tidak beraturan. Pada hasil identifikasi, bentuk ini mendominasi keseluruhan sampel yang telah diuji. Jumlah fragmen yang ditemukan keseluruhan yaitu sebanyak 201 partikel mikroplastik. Pada mikroplastik bentuk fragmen terdapat warna hitam, coklat, biru dan kuning.



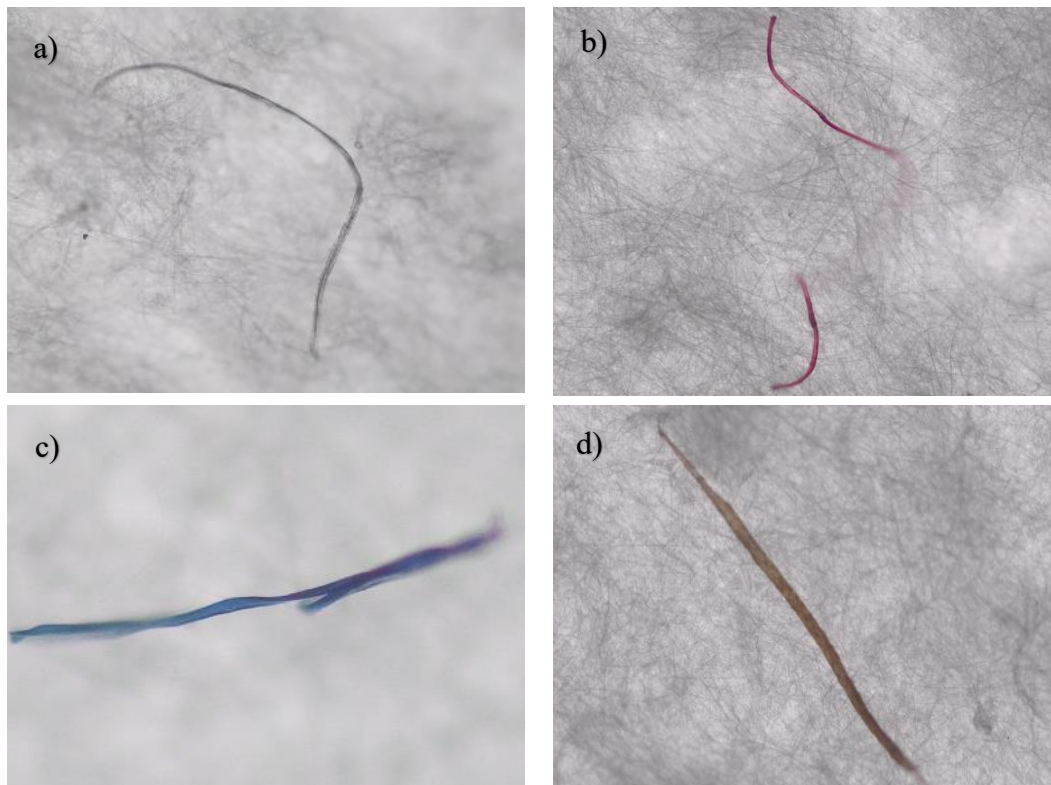


a) fragmen coklat; b) fragmen biru; c) fragmen hitam; d) fragmen kuning

Gambar 4.6 Bentuk dan Warna Fragmen

2) Fiber

Mikroplastik bentuk fiber terlihat seperti benang atau serat yang tipis dan panjang. Fiber merupakan bentuk yang paling sedikit ditemukan pada sampel selain fragmen dan film. Jumlah fiber yang ditemukan yaitu sebanyak 77 partikel mikroplastik. Untuk bentuk fiber terdapat warna biru, kuning, hitam, merah dan transparan.



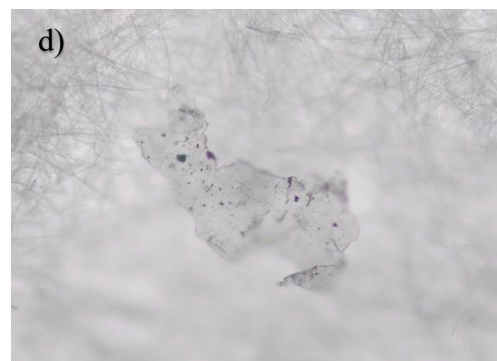
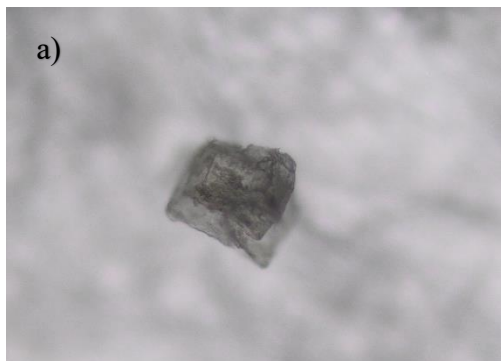


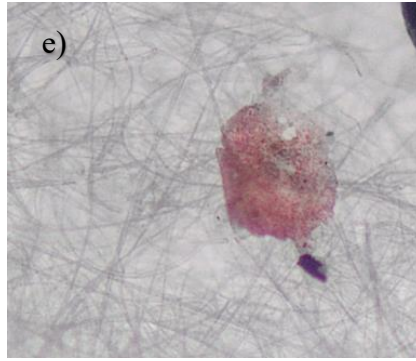
a)fiber hitam; b)fiber merah; c)fiber biru; d)fiber kuning; e)fiber transparan

Gambar 4.7 Bentuk dan Warna Fiber

3) Film

Mikroplastik film memiliki bentuk seperti lembaran plastik tipis. Jumlah mikroplastik bentuk film yang ditemukan pada keseluruhan sampel yaitu sebanyak 150 partikel mikroplastik. Sementara itu, bentuk film terdapat warna kuning, transparan, biru, hitam dan merah.

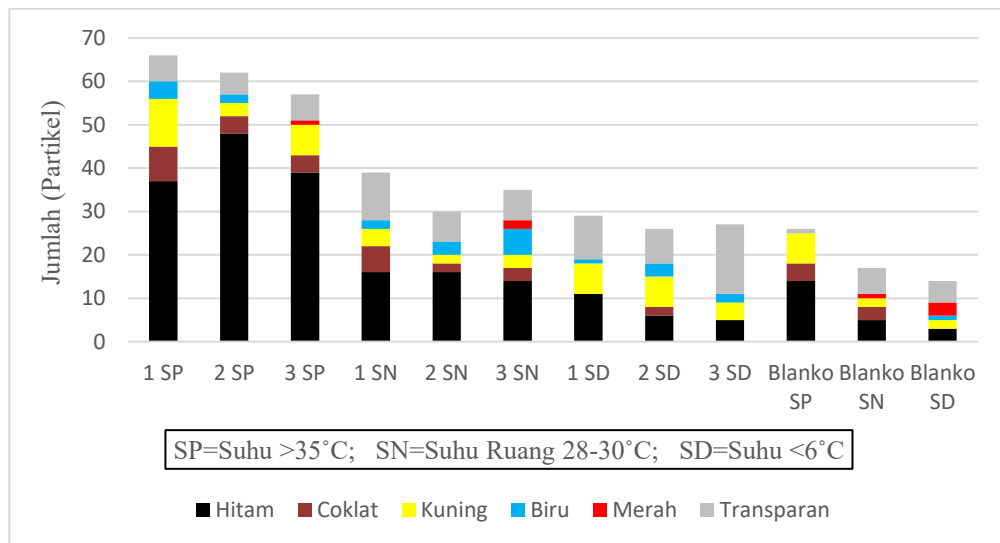




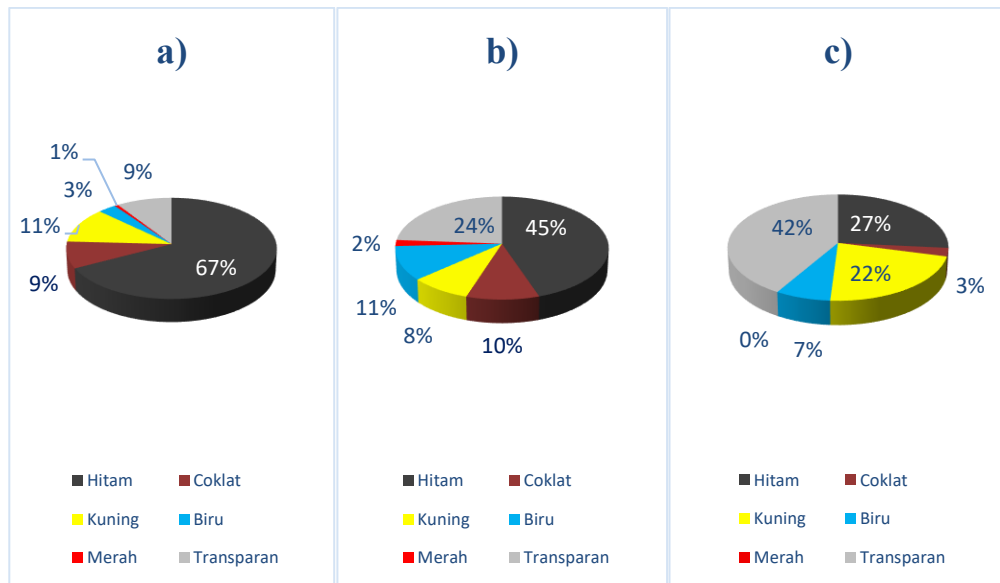
a)film hitam; b)film kuning; c)film biru; d)film transparan; e)film merah

Gambar 4.8 Bentuk dan Warna Film

Pada setiap bentuk mikroplastik seperti fragmen, fiber dan film memiliki beragam variasi warna yang berbeda-beda. Variasi warna ini dapat dipengaruhi dari sumber jenis plastik yang digunakan pada botol dan pengaruh paparan sinar matahari. Berikut merupakan variasi warna pada setiap sampel yang telah diidentifikasi.



Gambar 4.9 Warna Mikroplastik Pada Setiap Sampel

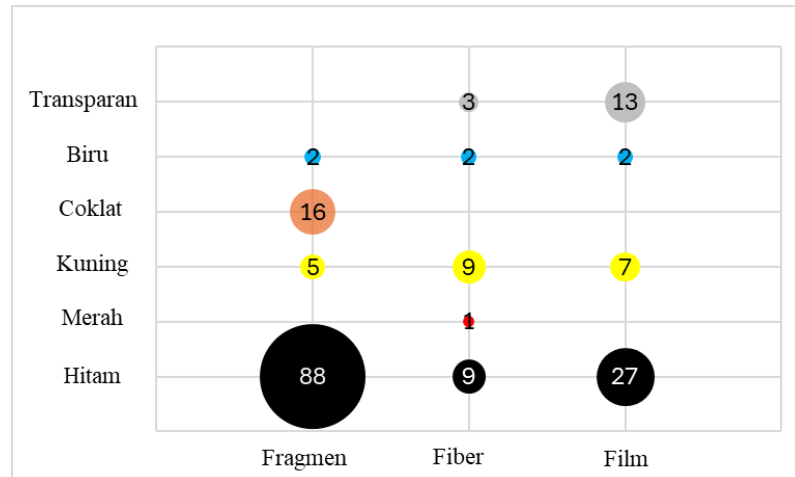


a)Warna Mikroplastik Pada Suhu $>35^{\circ}\text{C}$; b)Warna Mikroplastik Pada Suhu Ruang $28-30^{\circ}\text{C}$; c)Warna Mikroplastik Pada Suhu $<6^{\circ}\text{C}$

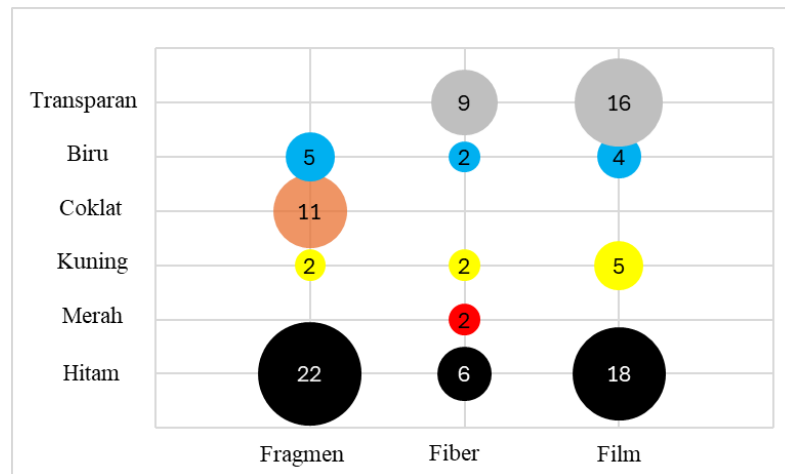
Gambar 4.10 Persentase Warna Mikroplastik

Pada sampel dengan suhu $>35^{\circ}\text{C}$ didominasi mikroplastik yang cenderung berwarna gelap khususnya hitam. Pada sampel dengan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ didominasi mikroplastik dengan warna terang dan transparan, yang dapat dilihat dari film dan fiber berwarna transparan. Sedangkan pada sampel yang ditempatkan pada suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$ warna mikroplastik berada di antara kedua sampel sebelumnya terdapat warna mikroplastik berwarna gelap dan juga ada keberagaman warna.

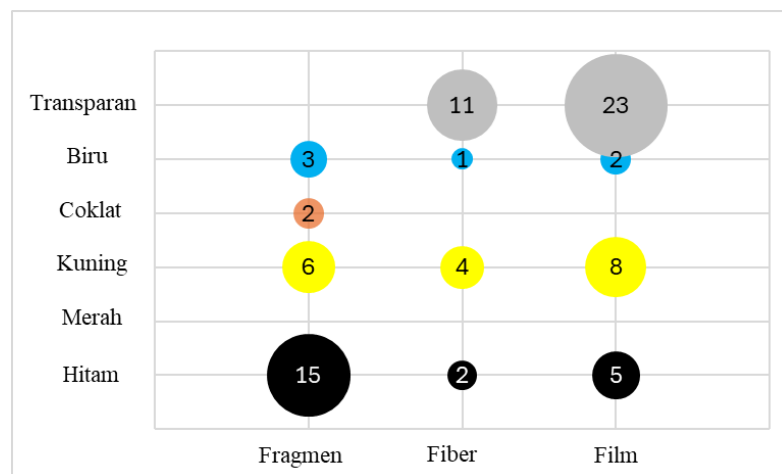
Berikut merupakan jumlah pada setiap bentuk dan warna pada sampel yang dibagi berdasarkan kategori perlakuan suhu $>35^{\circ}\text{C}$, suhu ruang $28-30^{\circ}\text{C}$ dan suhu $<6^{\circ}\text{C}$.



Gambar 4.11 Bentuk dan Warna Mikroplastik Pada Sampel Suhu $>35^{\circ}\text{C}$



Gambar 4.12 Bentuk dan Warna Mikroplastik Pada Sampel Suhu Ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$



Gambar 4.13 Bentuk dan Warna Mikroplastik Pada Sampel Suhu $<6^{\circ}\text{C}$

4.1.3 Ukuran Mikroplastik

Hasil identifikasi ukuran mikroplastik dapat dilakukan dengan bantuan *software image raster* yang dapat mengukur dari gambar hasil mikroskop pada setiap partikel mikroplastik. Hasil ukuran mikroplastik pada sampel dikelompokkan menjadi 4 ukuran yaitu 5–20 μm , 20–50 μm , 50–100 μm dan >100 μm .

Tabel 4.3 Ukuran Mikroplastik Pada Setiap Sampel

No	Sampel	Ukuran			
		5–20 μm	20–50 μm	50–100 μm	>100 μm
1	1 Suhu >35°C	7	34	14	10
2	2 Suhu >35°C	1	44	10	7
3	3 Suhu >35°C	4	33	11	9
4	1 Suhu 28–30°C	-	16	11	12
5	2 Suhu 28–30°C	2	13	3	12
6	3 Suhu 28–30°C	1	11	13	10
7	1 Suhu <6°C	-	6	5	18
8	2 Suhu <6°C	-	4	8	14
9	3 Suhu <6°C	-	5	6	16
10	Blanko Suhu >35°C	-	13	8	5
11	Blanko Suhu 28–30°C	-	5	5	7
12	Blanko Suhu <6°C	-	-	6	8

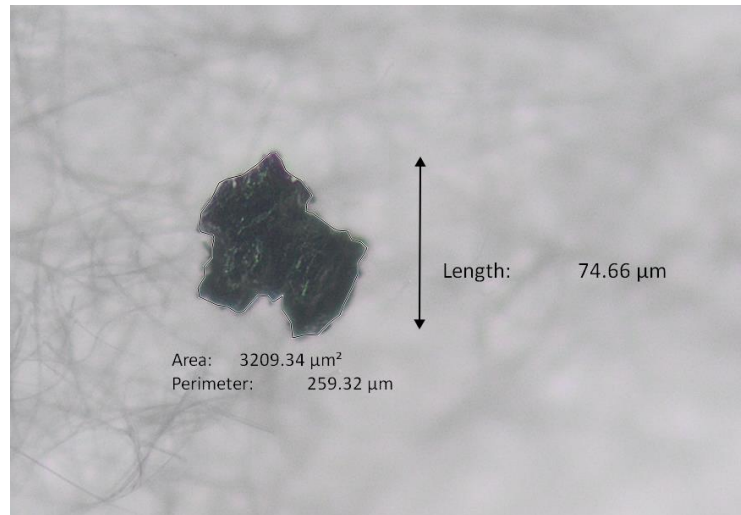
Untuk ukuran mikroplastik pada setiap sampel setelah pengukuran dengan image raster yaitu sebagai berikut pada sampel perlakuan suhu >35°C didapatkan ukuran rerata mikroplastik berturut-turut yaitu 62,44 μm , 70,01 μm , dan 78,44 μm . Pada perlakuan suhu ruang 28–30°C didapatkan ukuran mikroplastik berturut-turut yaitu 128,38 μm , 138,09 μm , dan 125,54 μm . Sedangkan pada perlakuan suhu <6°C didapatkan ukuran mikroplastik berturut-turut yaitu 179,35 μm , 153,66 μm , dan 170,27 μm .

Tabel 4.4 Statistik Deskriptif Ukuran Mikroplastik

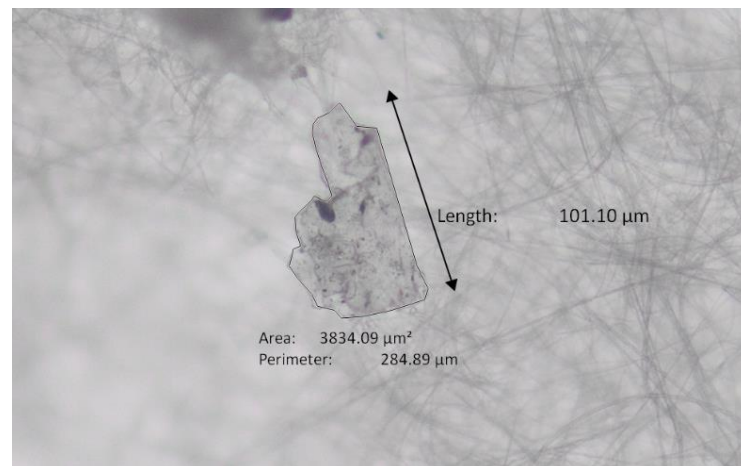
Hasil	Suhu >35°C	Suhu 28–30°C	Suhu <6°C
Rata-rata	70,29	130,67	167,75
Median	70,01	128,38	170,27
Simpangan Baku	8,01	6,58	13,03
Varian Sampel	64,14	43,31	169,74
Rentang	16,01	12,55	25,69
Minimum	62,43	125,54	153,65
Maksimum	78,44	138,09	179,34

Berdasarkan Tabel 4.4 yang menampilkan statistik deskriptif ukuran mikroplastik pada tiga suhu yang berbeda. Pada suhu >35°C, nilai rata-rata ukuran mikroplastik adalah 70,29 µm dengan rentang ukuran 16,01 µm. Sedangkan pada suhu 28–30°C, nilai rata-rata ukuran mikroplastik meningkat menjadi 130,67 µm, dengan rentang ukuran 12,55 µm. Pada suhu <6°C, ukuran mikroplastik memiliki nilai rata-rata yang lebih besar, yaitu 167,75 µm, dengan rentang antara 25,69 µm. Selain itu, terlihat bahwa variasi ukuran mikroplastik diukur dengan menggunakan simpangan baku, dimana pada suhu >35°C simpangan baku mencapai 8,01, sedangkan pada suhu 28–30°C dan suhu <6°C masing-masing memiliki nilai simpangan baku 6,58 dan 13,03. Hal ini menunjukkan adanya fluktuasi ukuran mikroplastik yang lebih besar pada suhu <6°C dibandingkan dengan suhu lainnya. Nilai varian sampel untuk setiap suhu juga menunjukkan perbedaan yang cukup besar, dengan nilai tertinggi pada suhu <6°C (169,74) dan nilai terendah pada suhu 28–30°C (43,31). Secara keseluruhan, data ini menggambarkan bahwa suhu memiliki pengaruh terhadap ukuran mikroplastik.

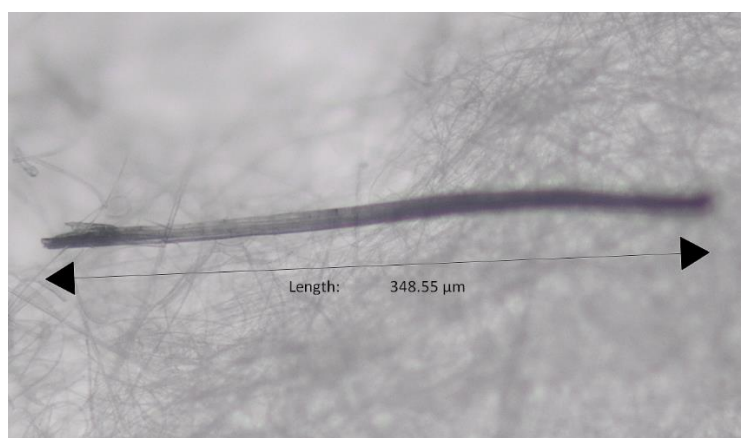
Berikut merupakan contoh pengukuran partikel mikroplastik pada salah satu bentuk fragmen, film dan fiber.



Gambar 4.14 Ukuran Mikroplastik Fragmen



Gambar 4.15 Ukuran Mikroplastik Film



Gambar 4.16 Ukuran Mikroplastik Fiber

4.1.4 Jenis Polimer Mikroplastik

Pengujian jenis polimer mikroplastik dilakukan dengan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) tipe IRTracer-100 merk Shimadzu. Hasil gelombang spektrum FTIR memberikan informasi tentang gugus fungsi mikroplastik melalui pita serapan karakteristik yang muncul pada spektrum tersebut. Setiap jenis polimer memiliki pola serapan inframerah berbeda, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis polimer tersebut. Interpretasi spektrum FTIR dilakukan secara komputerisasi menggunakan *software*. Hasil pengujian FTIR pada sampel adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Sampel Suhu (>35°C)

No	Score	Library	Name
1.	667	131 - T-Polymer2	T_Polyacrylamide-1
2.	661	27 - T-Polymer2	Polyacetylene
3.	656	50 - T-Polymer2	Polyester

Tabel 4.6 Sampel Suhu Ruang (28-30°C)

No	Score	Library	Name
1.	672	27 - T-Polymer2	Polyacetylene
2.	660	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene
3.	641	5 - IRs Polymer2	BEMBERG

Tabel 4.7 Sampel Suhu (<6°C)

No	Score	Library	Name
1.	699	27 - T-Polymer2	Polyacetylene
2.	665	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene
3.	653	12 - T-Polymer2	Ramie

Tabel 4.8 Blanko Suhu (>35°C)

No	Score	Library	Name
1.	675	27 - T-Polymer2	Polyacetylene
2.	655	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene
3.	638	5 - IRs Polymer2	BEMBERG

Tabel 4.9 Blanko Suhu Ruang (28-30°C)

No	Score	Library	Name
1.	755	127 - T-Polymer2	T_PhenoxyResin
2.	755	126 - ATR-Polymer2	D_PhenoxyResin
3.	752	41 - ATR-Polymer2	D_Epoxy5

Tabel 4.10 Blanko Suhu (<6°C)

No	Score	Library	Name
1.	827	41 - ATR-Polymer2	D_Epoxy5
2.	817	126 - ATR-Polymer2	D_PhenoxyResin
3.	808	127 - T-Polymer2	T_PhenoxyResin

Pada sampel AMDK, hasil uji spektroskopi FTIR tidak menunjukkan puncak serapan (*peak*) yang cukup untuk mengidentifikasi jenis polimer secara akurat, dengan skor pencocokan spektrum yang tidak mencapai ambang minimum sebesar 700 atau 70%. Jenis polimer yang terdeteksi pada sampel AMDK dan salah satu sampel blanko hanya mendekati nilai *peak* dan umumnya bukan merupakan jenis polimer mikroplastik yang ditemukan pada kemasan botol. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor seperti tingkat akurasi alat FTIR, ukuran partikel mikroplastik yang terlalu kecil sehingga tidak teridentifikasi, adanya kontaminan pada saat proses identifikasi di laboratorium, kontaminan pada alat pengujian FTIR.

Polimer seperti *epoxy* pada suatu penelitian lain menyebutkan dapat bersumber dari perpipaan dan tangki penyimpanan air (Gambino et al., 2022). *Polyacrylamide* adalah polimer sintesis yang banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk pengolahan air, pertanian, dan

kosmetik. Mikroplastik *polyacrylamide* telah menjadi perhatian karena potensi dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Mereka dapat terakumulasi dalam ekosistem air dan tanah, masuk ke dalam rantai makanan, dan bahkan berpotensi membahayakan organisme (Raza et al., 2023). Polimer *Polyacetylene* salah satu polimer yang dapat digunakan dalam pembuatan material elektronik seperti transistor, komponen elektronik, dan sensor karena sifat konduktifnya (Harlin & Ferenets, 2006). Dengan menambahkan gugus fungsi tertentu pada rantai *polyacetylene*, sifat-sifatnya dapat dimodifikasi untuk aplikasi tertentu, termasuk pengemasan. *Phenoxy resin* umumnya tidak dianggap sebagai mikroplastik, karena polimer ini adalah jenis polimer termoplastik yang sering digunakan dalam industri elektronik karena sifatnya yang kuat dan tahan panas serta sebagai pelapis anti korosi (Malajati et al., 2011).

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh suhu terhadap jumlah partikel, ukuran, dan warna mikroplastik dalam air minum dalam kemasan (AMDK). Perbandingan rerata jumlah partikel mikroplastik yaitu pada suhu tinggi $>35^{\circ}\text{C}$ sebanyak 62 partikel, suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ sebanyak 35 partikel, dan suhu dingin $<6^{\circ}\text{C}$ sebanyak 27 partikel. Selisih jumlah partikel antara suhu tinggi dan suhu rendah adalah 35 partikel. Suhu tinggi mempercepat degradasi mikroplastik, yang tercermin dari meningkatnya jumlah partikel. Dari segi ukuran, mikroplastik pada suhu tinggi $>35^{\circ}\text{C}$ memiliki rerata ukuran $70,2\text{ }\mu\text{m}$, sedangkan suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ yaitu $130,6\text{ }\mu\text{m}$, dan suhu dingin $<6^{\circ}\text{C}$ yaitu $167,7\text{ }\mu\text{m}$. Selisih ukuran partikel antara suhu tinggi dan suhu rendah sebesar $97,5\text{ }\mu\text{m}$, hal ini menunjukkan penurunan ukuran partikel seiring peningkatan suhu. Untuk perbedaan warna pada mikroplastik, pada suhu tinggi $>35^{\circ}\text{C}$ didominasi berwarna gelap seperti hitam dan coklat, sedangkan pada suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ dan suhu dingin $<6^{\circ}\text{C}$ ditemukan peningkatan keberagaman warna, termasuk warna biru dan transparan yang cenderung lebih banyak dibandingkan perlakuan suhu tinggi.

Tabel 4.11 Jumlah Partikel, Ukuran dan Warna Mikroplastik

No	Sampel	Rentang Jumlah Partikel	Rentang Ukuran	Dominasi Warna
1	>35°C	57 – 66	13,23 – 524,78 µm	Hitam(67%), Kuning (11%), Coklat (9%)
2	28–30°C	30 – 39	15,83 – 741,22 µm	Hitam(45%), Transparan (24%), Biru(11%)
3	<6°C	26 – 29	27,64 – 640,53 µm	Transparan(42%), Hitam 27(%), Biru(7%)

4.2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Jumlah Mikroplastik

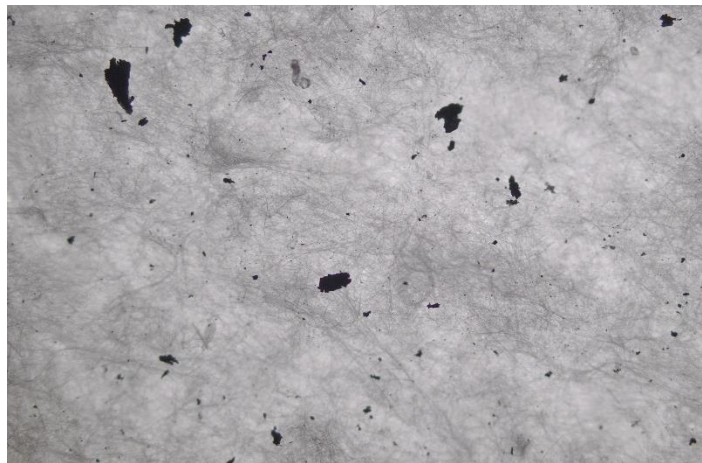
Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.1, Sampel yang terpapar sinar matahari secara langsung seharian dengan suhu >35°C memiliki rerata jumlah partikel mikroplastik yang lebih banyak yaitu 62 partikel dibandingkan suhu ruang 28–30°C dan suhu dingin <6°C yaitu 35 dan 27 partikel. Terdapat selisih sebesar 27 partikel antara suhu tinggi dan suhu ruang, serta selisih 35 partikel antara suhu tinggi dan suhu rendah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu dapat memengaruhi jumlah partikel.

Kenaikan suhu berpotensi mempercepat degradasi mikroplastik yang terjadi melalui pemecahan partikel karena fotodegradasi dari sinar UV matahari (Webb et al., 2013). Proses degradasi menyebabkan peningkatan jumlah partikel mikroplastik, yang dapat bersumber dari mikroplastik sekunder yang terbentuk akibat dari degradasi plastik yang lebih besar, serta dari fragmentasi mikroplastik menjadi ukuran yang semakin kecil (Pfohl et al., 2022). Paparan sinar UV selama setidaknya 5 jam dapat mengakibatkan efek mekanis pada dinding plastik yang retak, serta efek ini dapat meningkat seiring dengan lamanya paparan (Faizah, 2020). Suhu adalah salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi laju degradasi plastik atau proses pelepasan mikroplastik dari dinding kemasan ke dalam air. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh melemahnya ikatan antar molekul polimer akibat suhu tinggi, yang menyebabkan partikel kecil lebih mudah dan cepat terlepas ke air (Haque & Fan, 2023). Sedangkan pada suhu yang rendah kemungkinan pelepasan mikroplastik akan relatif lambat (Gaylarde et al., 2023).

4.2.2 Pengaruh Suhu Terhadap Ukuran Partikel Mikroplastik

Untuk ukuran mikroplastik pada perlakuan suhu sampel $>35^{\circ}\text{C}$ memiliki rerata ukuran partikel mikroplastik yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan suhu ruang $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ dan suhu dingin $<6^{\circ}\text{C}$ yaitu dengan ukuran $70,29\text{ }\mu\text{m}$, $130,67\text{ }\mu\text{m}$ dan $167,75\text{ }\mu\text{m}$ yang dapat dilihat dari Tabel 4.11. Selisih ukuran partikel antara suhu tinggi dan suhu ruang sebesar $60,4\text{ }\mu\text{m}$, serta antara suhu tinggi dan suhu rendah sebesar $97,5\text{ }\mu\text{m}$. Pada suhu tinggi, terdapat 12 partikel mikroplastik dalam kelompok ukuran $5\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$ yaitu kelompok ukuran paling kecil. Hal ini berbeda dengan perlakuan suhu ruang yang menunjukkan jumlah lebih sedikit pada kelompok ukuran yang sama, dan tidak adanya partikel mikroplastik pada kelompok ukuran ini saat perlakuan suhu rendah.

Ukuran rerata partikel yang lebih kecil pada suhu tinggi menunjukkan bahwa suhu tidak hanya menyebabkan pelepasan jumlah partikel, tetapi juga memicu fragmentasi mikroplastik menjadi partikel yang lebih kecil (Ravanbakhsh et al., 2023). Seperti yang tersaji pada Gambar 4.17 dengan pembesaran mikroskop $4\times$ menunjukkan pelepasan partikel menjadi kecil-kecil.



Gambar 4.17 Pelepasan Partikel Kecil Mikroplastik Pada Suhu Panas

4.2.3 Pengaruh Suhu Terhadap Warna Mikroplastik

Berdasarkan hasil di Tabel 4.11, pada keseluruhan sampel warna hitam mendominasi warna mikroplastik. Sampel yang terpapar suhu panas $>35^{\circ}\text{C}$ menyebabkan warna partikel mikroplastik yang dominan ditemukan yaitu berwarna kegelapan seperti hitam (67%) dan coklat (9%) dan kuning (11%). Warna lain juga ditemukan tetapi dalam persentase yang rendah. Sedangkan pada sampel dengan suhu ruang dan dingin $<6^{\circ}\text{C}$ ditemukan peningkatan keberagaman warna, seperti warna biru dan transparan yang cenderung lebih banyak daripada sampel dengan suhu panas. Dominasi warna pada suhu $28-30^{\circ}\text{C}$ yaitu hitam (45%), transparan (24%) dan biru (11%). Pada sampel suhu $<6^{\circ}\text{C}$ dominasi warna yang ditemui yaitu transparan (42%), hitam 27 (%) dan biru (7%).

Panas dapat memengaruhi cara mikroplastik menyerap dan memantulkan cahaya, sehingga mengubah warna warna partikel. Serta kemunculannya pada suhu lebih rendah menunjukkan bahwa partikel yang terlepas belum banyak mengalami perubahan warna akibat degradasi (Zhao et al., 2022).

4.2.4 Estimasi Paparan Harian Mikroplastik Melalui AMDK

Konsentrasi mikroplastik pada sampel AMDK hasil uji dengan perlakuan suhu $>35^{\circ}\text{C}$, suhu $28-30^{\circ}\text{C}$ dan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ yang semula menguji 100 mL, kemudian dikonversi menjadi satuan per liter yaitu masing-masing sebesar 356,6; 176,6 dan 133,3 partikel/L. Untuk memperkirakan paparan harian manusia terhadap Mikroplastik akibat konsumsi air mineral kemasan menggunakan metode perhitungan berdasarkan penelitian (Ravanbakhsh et al., 2023) dan (Zuccarello et al., 2019). Sebagai pelengkap data, untuk mengetahui nilai estimasi paparan harian dari mikroplastik AMDK yang dimana untuk kebutuhan data asumsi kebutuhan air perhari (2 L dewasa, 1 L anak-anak, dan 0,75 L bayi), serta asumsi berat badan (55 kg dewasa, 15 kg anak-anak dan 5 kg bayi). Maka nilai estimasi paparan harian sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Nilai Estimasi Paparan Harian

Sampel	Paparan per hari (partikel/kg berat badan/hari)			Paparan per tahun (partikel/kg berat badan/tahun)		
	Dewasa	Anak-anak	Bayi	Dewasa	Anak-anak	Bayi
SP	12,9	23,7	53,4	4725,1	8662,7	19491
SN	6,4	11,7	26,4	2336,0	4282,7	9636
SD	4,8	8,9	20	1765,3	3236,3	7281,8

Berdasarkan penelitian (Ravanbakhsh et al., 2023) yang melaporkan konsentrasi rerata mikroplastik pada air minum dalam kemasan yang diuji sebanyak 63,9 partikel/L. Melalui konsumsi air kemasan diperkirakan menyerap mikroplastik sebanyak 2,1, 6,4, dan 9,6 partikel/kg berat badan/hari untuk orang dewasa, anak-anak dan bayi.

4.2.5 Dampak Mikroplastik Pada Kesehatan Manusia

Paparan mikroplastik secara langsung dan jangka panjang dapat memunculkan masalah yang mengkhawatirkan. Mikroplastik menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan, termasuk ketidakseimbangan hormon, penyakit jantung, kemandulan, gangguan pencernaan, dan penghambatan pertumbuhan (Amir, 2023). Keberadaannya dapat menyebabkan stres oksidatif, kerusakan jaringan, dan peradangan kronis dalam tubuh manusia (Faujiah & Wahyuni, 2022). Semakin kecil ukuran mikroplastik, semakin mudah bagi manusia untuk menelan atau menghirupnya, sehingga berpotensi masuk ke dalam aliran darah atau terakumulasi di organ organ seperti paru-paru, hati, atau ginjal (New et al., 2023). Dalam sebuah studi penelitian (Ragusa et al., 2022) bahkan menemukan keberadaan dan lokalisasi fragmen yang kompatibel dengan mikroplastik pada plasenta manusia dengan bantuan alat mikroskop elektron transmisi.

Selain itu pada polimer tertentu, seperti *polyvinyl chloride* (PVC) dan *polyethylene terephthalate* (PET), yang biasa digunakan dalam kemasan makanan, dapat terurai menjadi bahan kimia berbahaya saat terpapar panas atau sinar matahari (Yuan et al., 2022). Bahan kimia ini kemudian dapat meresap ke dalam makanan dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia.

4.2.6 Upaya Mitigasi Mikroplastik di Air Minum

Karena mikroplastik pada AMDK dapat berdampak buruk jika ada didalam tubuh manusia, serta dari hasil penelitian terhadap jumlah partikel dan konsentrasi mikroplastik yang ditemukan pada sampel AMDK. Maka berikut ini beberapa upaya yang dapat dicoba untuk mengurangi risiko dan dampak mikroplastik dari minuman. Di antaranya adalah:

1. Disarankan untuk mengurangi penggunaan kemasan botol plastik, serta jika mengonsumsi air kemasan botol usahakan konsumsi air yang memiliki tanggal produksi lebih awal dan mempertimbangkan kondisi penyimpanan (Ravanbakhsh et al., 2023). Karena penyimpanan air kemasan yang lebih lama mengarah pada asupan mikroplastik yang lebih tinggi.
2. Standar pengolahan air industri diperketat agar dapat meminimalisir dampak mikroplastik dan agar dapat membuat alternatif kemasan yang lebih ramah lingkungan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada perlakuan sampel AMDK dengan suhu tinggi $>35^{\circ}\text{C}$, suhu $28-30^{\circ}\text{C}$ dan suhu rendah $<6^{\circ}\text{C}$ memiliki jumlah partikel berturut-turut sebanyak 62, 35, dan 27 partikel mikroplastik. Sedangkan konsentrasinya yaitu 0,62, 0,35, dan 0,27 partikel/mL. Hasil identifikasi mikroskop ditemui mikroplastik bentuk fragmen, fiber, dan film dengan beraneka warna seperti hitam, kuning, transparan, coklat, biru, dan merah. Hasil identifikasi FTIR pada sampel AMDK ditemukan jenis polimer *Polyacetylene* dan *Polyacrylamide*.
2. Peningkatan suhu dari sinar UV panas matahari secara langsung mempercepat degradasi atau proses pemecahan partikel mikroplastik pada AMDK. Perbandingan karakteristik mikroplastik pada sampel AMDK dengan suhu $>35^{\circ}\text{C}$, suhu $28-30^{\circ}\text{C}$, suhu $<6^{\circ}\text{C}$ sebagai berikut:
 - Jumlah partikel mikroplastik dengan nilai tertinggi hingga terendah yaitu suhu $>35^{\circ}\text{C}$ (62 partikel), suhu $28-30^{\circ}\text{C}$ (35 partikel), dan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ (27 partikel).
 - Rerata ukuran mikroplastik nilai tertinggi hingga terendah yaitu suhu $<6^{\circ}\text{C}$ (167,75 μm), suhu $28-30^{\circ}\text{C}$ (130,67 μm), dan suhu $>35^{\circ}\text{C}$ (70,29 μm). Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhu maka ukuran mikroplastik akan semakin kecil.
 - Warna mikroplastik yang lebih gelap didominasi pada sampel suhu $>35^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada suhu $28-30^{\circ}\text{C}$ dan suhu $<6^{\circ}\text{C}$ ditemukan peningkatan keberagaman warna, seperti warna biru dan transparan yang cenderung lebih banyak.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini terdapat beberapa saran untuk menunjang penelitian berikutnya yaitu melakukan penelitian dengan jumlah sampel yang lebih banyak karena dalam penelitian ini terdapat keterbatasan jumlah sampel dan variasi AMDK. Untuk penjual dan konsumen agar dapat menjauhkan air minum kemasan plastik dari paparan sinar matahari dalam waktu lama karena dapat memperburuk kualitas air karena mikroplastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, R. (2023). *Factors influencing microplastic contamination in bottled drinking water in Indonesia: a systematic review*. 39(10), 1–9. <https://doi.org/10.22146/bkm.v39i10.7980>
- Amobonye, A., Bhagwat, P., Raveendran, S., Singh, S., & Pillai, S. (2021). Environmental Impacts of Microplastics and Nanoplastics: A Current Overview. *Frontiers in Microbiology*, 12(December). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.768297>
- Aryani, T. (2017). Analisis Kualitas Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Di Yogyakarta. *Media Ilmu Kesehatan*, 6(1), 46–56.
- Asih, P., & Levi, A. (2021). *Mikroplastik di Lingkungan dan Potensi Risikonya terhadap Kesehatan Manusia*. 1–13.
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). The Microplasticity on Marine Sediments at Kartini Coastal Area Jepara, Central Java. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326–332. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Faizah, A. U. (2020). a Comparative Study About the Amount of Microplastic in Polyethylene Terephthalate (Pet) Drinking Water That Was Exposed and Not Exposed By Sun At Environmental Health Laboratory of Poltekkes Kemenkes Semarang At the Year 2020. *Buletin Keslingmas*, 39(4), 175–180. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v39i4.6580>
- Faujiah, I. N., & Wahyuni, I. R. (2022). Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia. *Gunung Djati Conference Series*, 7, 89–95. <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/609>
- Fetriszen, & Aziz, N. (2019). Analisis Pengaruh Kualitas Produk, Harga, Promosi terhadap Keputusan Pembelian Air Minum dalam Kemasan (AMDK) Merek AICOS Produksi PT. Bumi Sarimas Indonesia. *OSF Preprints*, 1, 1–9.
- Gambino, I., Bagordo, F., Grassi, T., Panico, A., & De Donno, A. (2022). Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water: Current Knowledge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Gaylarde, C. C., Neto, J. A. B., & da Fonseca, E. M. (2023). Microplastics in the

- cryosphere - a potential time bomb? *Water Emerging Contaminants and Nanoplastics*, 2(4). <https://doi.org/10.20517/wecn.2023.27>
- Gunther, H. J., Das, T. K., Leonard, J., Koutnik, V. S., El Rassi, L. A., Tang, Z., & Mohanty, S. K. (2023). UV exposure to PET microplastics increases their downward mobility in stormwater biofilters undergoing freeze–thaw cycles. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 9(12), 3136–3145. <https://doi.org/10.1039/D2EW00975G>
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i2.26832>
- Haque, F., & Fan, C. (2023). Fate of microplastics under the influence of climate change. *IScience*, 26(9), 107649. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107649>
- Harlin, A., & Ferenets, M. (2006). Introduction to conductive materials. In *Intelligent Textiles and Clothing* (pp. 217–238). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845691622.3.217>
- Ikhram, M., Fitrada, W., & Riyandini, V. L. (2024). Analisis Mikroplastik Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Padang. *Metana*, 20(2), 79–84.
- Kankanige, D., & Babel, S. (2020). Smaller-sized micro-plastics (MPs) contamination in single-use PET-bottled water in Thailand. *Science of the Total Environment*, 717, 137232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137232>
- Komari, N., Firdausy, M. A., Khair, R. M., & Yulida, Y. (2024). *Polusi Tak Terlihat : Mengungkap Realitas Mikroplastik di Lingkungan Kita* (E. Suhartono (ed.)). ULM Press.
- Luqman, A., Nugrahapraja, H., Wahyuono, R. A., Islami, I., Haekal, M. H., Fardiansyah, Y., Putri, B. Q., Amalludin, F. I., Rofiqah, E. A., Götz, F., & Wibowo, A. T. (2021). Microplastic contamination in human stools, foods, and drinking water associated with Indonesian coastal population. *Environments - MDPI*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/environments8120138>
- Malajati, Y., Therias, S., & Gardette, J.-L. (2011). Influence of water on the photooxidation of KHJ® phenoxy resins, 1. Mechanisms. *Polymer Degradation and Stability*, 96(1), 144–150.

<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.10.007>

- New, W. X., Kristanti, R. A., Manik, H., Wijayanti, Y., & Adeyemi, D. A. (2023). Occurrence of Microplastics in Drinking Water in South East Asia: A Short Review. *Tropical Environment, Biology, and Technology*, 1(1), 14–24. <https://doi.org/10.53623/tebt.v1i1.221>
- Nur, A., Setiawan, A. S., Oginawati, K., & Soewondo, P. (2022). Degradation of Polyethylene Terephthalate (Pet) As Secondary Microplastics Under Three Different Environmental Conditions. *International Journal of GEOMATE*, 22(90), 10–16. <https://doi.org/10.21660/2022.90.7575>
- Park, H., & Park, B. S. (2021). Review of microplastic distribution, toxicity, analysis methods, and removal technologies. In *Water (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w13192736>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia MENKES (2010).
- Pfohl, P., Wagner, M., Meyer, L., Domercq, P., Praetorius, A., Hüffer, T., Hofmann, T., & Wohlleben, W. (2022). Environmental Degradation of Microplastics: How to Measure Fragmentation Rates to Secondary Micro- and Nanoplastic Fragments and Dissociation into Dissolved Organics. *Environmental Science and Technology*, 56(16), 11323–11334. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c01228>
- Pramesti, D. S., & Puspikawati, S. I. (2020). Analysis of Turbidity Test Bottled Drinking Water In Banyuwangi District. *Preventif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 75–85. <https://doi.org/10.22487/preventif.v11i2.59>
- Ragusa, A., Matta, M., Cristiano, L., Matassa, R., Battaglione, E., Svelato, A., De Luca, C., D’Avino, S., Gulotta, A., Rongioletti, M. C. A., Catalano, P., Santacroce, C., Notarstefano, V., Carnevali, O., Giorgini, E., Vizza, E., Familiari, G., & Nottola, S. A. (2022). Deeply in Plasticenta: Presence of Microplastics in the Intracellular Compartment of Human Placentas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph191811593>
- Ravanbakhsh, M., Ravanbakhsh, M., Jamali, H. A., Ranjbaran, M., Shahsavari, S.,

- & Jaafarzadeh Haghighi Fard, N. (2023). The effects of storage time and sunlight on microplastic pollution in bottled mineral water. *Water and Environment Journal*, 37(2), 206–217. <https://doi.org/10.1111/wej.12829>
- Raza, T., Rasool, B., Asrar, M., Manzoor, M., Javed, Z., Jabeen, F., & Younis, T. (2023). Exploration of polyacrylamide microplastics and evaluation of their toxicity on multiple parameters of *Oreochromis niloticus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103518. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103518>
- Salmawati, M., R, I., Sri, D., & Aeni, N. (2023). Analisis Kualitas Air Minum dalam Kemasan (AMDK) di Desa Gunung Sejuk Kecamatan Sampolawa Buton. *Kalwedo Sains (KASA)*, 4(1), 56–59. <https://doi.org/10.30598/kasav4i1p56-59>
- Supriyo, E., & Noviana, S. N. (2023). Kandungan Mikroplastik Pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang Beredar di Semarang, Jawa Tengah. *Metana*, 19(2), 69–78. <https://doi.org/10.14710/metana.v19i2.58548>
- Tagg, A. S., Sapp, M., Harrison, J. P., & Ojeda, J. J. (2015). Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging. *Analytical Chemistry*, 87(12), 6032–6040. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b00495>
- Taheri, S., Shoshtari-Yeganeh, B., Pourzamani, H., & Ebrahimpour, K. (2023). Investigating the pollution of bottled water by the microplastics (MPs): the effects of mechanical stress, sunlight exposure, and freezing on MPs release. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 62. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10697-2>
- Ulya, F. H. (2024). *Identifikasi kelimpahan mikroplastik pada debu jalanan ringroad yogyakarta di musim hujan*. Universitas Islam Indonesia.
- Webb, H. K., Arnott, J., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2013). Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly(ethylene terephthalate). *Polymers*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym5010001>
- WHO. (2019). Microplastics in drinking-water. *World Health Organization*, 101.
- Wu, C., Zhang, K., & Xiong, X. (2018). *Microplastic Pollution in Inland Waters*

Focusing on Asia. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>

- Yin, L., Jiang, C., Wen, X., Du, C., Zhong, W., Feng, Z., Long, Y., & Ma, Y. (2019). Microplastic pollution in surface water of urban lakes in changsha, china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph16091650>
- Yuan, Z., Nag, R., & Cummins, E. (2022). Ranking of potential hazards from microplastics polymers in the marine environment. *Journal of Hazardous Materials*, 429, 128399. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128399>
- Zhao, X., Wang, J., Yee Leung, K. M., & Wu, F. (2022). Color: An Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation. *Environmental Science & Technology*, 56(13), 9161–9163. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02402>
- Zuccarello, P., Ferrante, M., Cristaldi, A., Copat, C., Grasso, A., Sangregorio, D., Fiore, M., & Oliveri Conti, G. (2019). Exposure to microplastics (<10 µm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study. *Water Research*, 157, 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.03.091>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perlakuan Sampel dan Proses Identifikasi Mikroplastik di Laboratorium



Sampel yang ditempatkan di bawah Sinar Matahari



Sampel Pada Suhu Dalam Ruangan



Sampel Pada Lemari Pendingin



Sampel yang Telah Dipindahkan Ke Botol Kaca



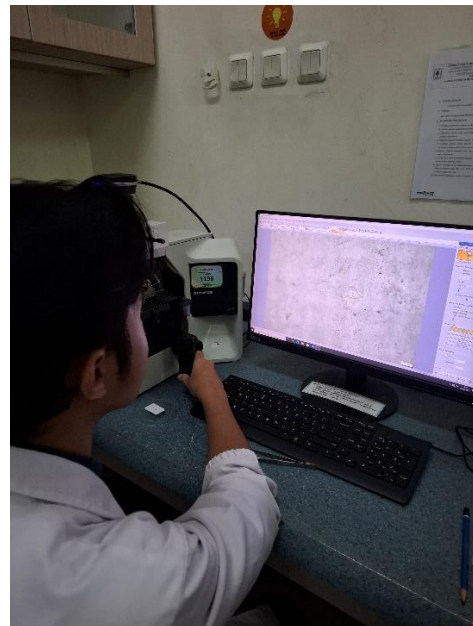
Penyaringan Sampel dengan Kertas Saring dan *Vacum Pump*



Kertas Saring yang Telah Dipindahkan Ke Cawan Petri



Sampel Dikeringkan Dengan Oven



Identifikasi Sampel Dengan Mikroskop

Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Partikel Mikroplastik

No	Sampel	Jumlah Partikel Mikroplastik	Konsentrasi Mikroplastik	Rerata Ukuran
1	1 Suhu >35°C	66	0,66	62,43
2	2 Suhu >35°C	62	0,62	70,01
3	3 Suhu >35°C	57	0,57	78,44
4	1 Suhu 28–30°C	39	0,39	128,38
5	2 Suhu 28–30°C	30	0,30	138,09
6	3 Suhu 28–30°C	35	0,35	125,54
7	1 Suhu <6°C	29	0,29	179,34
8	2 Suhu <6°C	26	0,26	153,65
9	3 Suhu <6°C	27	0,27	170,27
10	Blanko Suhu >35°C	26	0,26	68,09
11	Blanko Suhu 28–30°C	17	0,17	110,66
12	Blanko Suhu <6°C	14	0,14	186,96

Rumus Konsentrasi Mikroplastik

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah Partikel Mikroplastik}}{\text{Volume Sampel}}$$

- Perlakuan Suhu >35°C

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 1} = \frac{66 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,66 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 2} = \frac{62 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,62 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 3} = \frac{57 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,57 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Blanko} = \frac{26 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,26 \text{ partikel/mL}$$

- Perlakuan Suhu Ruang 28–30°C

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 1} = \frac{39 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,39 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 2} = \frac{30 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,30 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 3} = \frac{35 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,35 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Blanko} = \frac{17 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,17 \text{ partikel/mL}$$

- Perlakuan Suhu Ruang <6°C

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 1} = \frac{29 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,29 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 2} = \frac{26 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,26 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Sampel 3} = \frac{27 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,27 \text{ partikel/mL}$$

$$\text{Konsentrasi Mikroplastik Blanko} = \frac{14 \text{ partikel}}{100 \text{ ml}} = 0,14 \text{ partikel/mL}$$

Lampiran 3 Bentuk Partikel Mikroplastik

Bentuk Mikroplastik Pada Setiap Sampel

No	Sampel	Bentuk			Total
		Fragmen	Fiber	Film	
1	1 Suhu >35°C	37	10	19	66
2	2 Suhu >35°C	40	7	15	62
3	3 Suhu >35°C	34	8	15	57
4	1 Suhu 28–30°C	16	6	17	39
5	2 Suhu 28–30°C	12	7	11	30
6	3 Suhu 28–30°C	12	8	15	35
7	1 Suhu <6°C	11	6	12	29
8	2 Suhu <6°C	9	3	14	26
9	3 Suhu <6°C	6	9	12	27
10	Blanko Suhu >35°C	16	2	8	26
11	Blanko Suhu 28–30°C	5	6	6	17
12	Blanko Suhu <6°C	3	5	6	14

Persentase Bentuk Mikroplastik Pada Setiap Sampel

No	Sampel	% Bentuk		
		Fragmen	Fiber	Film
1	1 Suhu >35°C	56%	15%	29%
2	2 Suhu >35°C	65%	11%	24%
3	3 Suhu >35°C	60%	14%	26%
4	1 Suhu 28–30°C	41%	15%	44%
5	2 Suhu 28–30°C	40%	23%	37%
6	3 Suhu 28–30°C	34%	23%	43%
7	1 Suhu <6°C	38%	21%	41%
8	2 Suhu <6°C	35%	12%	54%
9	3 Suhu <6°C	22%	33%	44%
10	Blanko Suhu >35°C	62%	8%	31%
11	Blanko Suhu 28–30°C	29%	35%	35%
12	Blanko Suhu <6°C	21%	36%	43%

Lampiran 4 Warna Partikel Mikroplastik

Warna Mikroplastik Pada Setiap Sampel

No	Sampel	Warna					
		Hitam	Coklat	Kuning	Biru	Merah	Transparan
1	1 Suhu >35°C	37	8	11	4	0	6
2	2 Suhu >35°C	48	4	3	2	0	5
3	3 Suhu >35°C	39	4	7	0	1	6
4	1 Suhu 28–30°C	16	6	4	2	0	11
5	2 Suhu 28–30°C	16	2	2	3	0	7
6	3 Suhu 28–30°C	14	3	3	6	2	7
7	1 Suhu <6°C	11	0	7	1	0	10
8	2 Suhu <6°C	6	2	7	3	0	8
9	3 Suhu <6°C	5	0	4	2	0	16
10	Blanko Suhu >35°C	14	4	7	0	0	1
11	Blanko Suhu 28–30°C	5	3	2	0	1	6
12	Blanko Suhu <6°C	3	0	2	1	3	5

Persentase Warna Mikroplastik Pada Setiap Sampel

No.	Sampel	Warna					
		Hitam	Coklat	Kuning	Biru	Merah	Transparan
1	1 Suhu >35°C	56%	12%	17%	6%	0%	9%
2	2 Suhu >35°C	77%	6%	5%	3%	0%	8%
3	3 Suhu >35°C	68%	7%	12%	0%	2%	11%
4	1 Suhu 28–30°C	41%	15%	10%	5%	0%	28%
5	2 Suhu 28–30°C	53%	7%	7%	10%	0%	23%
6	3 Suhu 28–30°C	40%	9%	9%	17%	6%	20%
7	1 Suhu <6°C	38%	0%	24%	3%	0%	34%
8	2 Suhu <6°C	23%	8%	27%	12%	0%	31%
9	3 Suhu <6°C	19%	0%	15%	7%	0%	59%
10	Blanko Suhu >35°C	54%	15%	27%	0%	0%	4%
11	Blanko Suhu 28–30°C	29%	18%	12%	0%	6%	35%
12	Blanko Suhu <6°C	21%	0%	14%	7%	21%	36%

Lampiran 5 Ukuran Partikel Mikroplastik

Sampel 1 Suhu >35°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (µm)
1	Fragmen	Hitam	32,48
2	Fragmen	Hitam	54,3
3	Fragmen	Hitam	36,85
4	Fragmen	Hitam	38,82
5	Fragmen	Hitam	17,01
6	Fragmen	Hitam	16,06
7	Fragmen	Hitam	21,52
8	Fragmen	Hitam	21
9	Fragmen	Hitam	16,81
10	Fragmen	Hitam	20,1
11	Fragmen	Hitam	65,07
12	Fragmen	Hitam	23,22
13	Fragmen	Hitam	37,91
14	Fragmen	Hitam	29,64
15	Fragmen	Hitam	34,32
16	Fragmen	Hitam	14,36
17	Fragmen	Hitam	54,6
18	Fragmen	Hitam	46,57
19	Fragmen	Hitam	42,74
20	Fragmen	Hitam	32,13
21	Fragmen	Hitam	49,96
22	Fragmen	Hitam	22,72
23	Fragmen	Hitam	40,92
24	Fragmen	Hitam	55,95
25	Fragmen	Hitam	33,92
26	Fragmen	Coklat	52,27
27	Fragmen	Coklat	20,27
28	Fragmen	Coklat	46,53
29	Fragmen	Coklat	18,82
30	Fragmen	Coklat	46
31	Fragmen	Coklat	28,77
32	Fragmen	Coklat	129,65
33	Fragmen	Coklat	24,65
34	Fragmen	Kuning	36,17
35	Fragmen	Kuning	30,72
36	Fragmen	Biru	13,23
37	Fragmen	Biru	80,44
38	Film	Hitam	32,11
39	Film	Hitam	111,17
40	Film	Hitam	20,66
41	Film	Hitam	27,8
42	Film	Hitam	24,06
43	Film	Hitam	30,81
44	Film	Hitam	28
45	Film	Hitam	47,85
46	Film	Hitam	70,39
47	Film	Kuning	33,19
48	Film	Kuning	30,4
49	Film	Kuning	53,09
50	Film	Kuning	51,3
51	Film	Biru	69,09
52	Film	Biru	38,47
53	Film	Transparan	17,32
54	Film	Transparan	39,57
55	Film	Transparan	78,74
56	Film	Transparan	182,1
57	Fiber	Transparan	315,21
58	Fiber	Transparan	65,15
59	Fiber	Kuning	112,52
60	Fiber	Kuning	85,07
61	Fiber	Kuning	76,68
62	Fiber	Kuning	197,51
63	Fiber	Kuning	239,49
64	Fiber	Hitam	115,64
65	Fiber	Hitam	192,47
66	Fiber	Hitam	348,55
Rerata Ukuran			62,44

Sampel 2 Suhu >35°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (µm)
1	Fragmen	Hitam	37,41
2	Fragmen	Hitam	48,05
3	Fragmen	Hitam	52,48
4	Fragmen	Hitam	44,43
5	Fragmen	Hitam	50,31
6	Fragmen	Hitam	30,95
7	Fragmen	Hitam	34,02
8	Fragmen	Hitam	76,52
9	Fragmen	Hitam	30,29
10	Fragmen	Hitam	34,84
11	Fragmen	Hitam	44,49
12	Fragmen	Hitam	19,71
13	Fragmen	Hitam	28,46
14	Fragmen	Hitam	21,69
15	Fragmen	Hitam	48,42
16	Fragmen	Hitam	32,74
17	Fragmen	Hitam	33,19
18	Fragmen	Hitam	43,86
19	Fragmen	Hitam	33,47
20	Fragmen	Hitam	28,8
21	Fragmen	Hitam	23,64
22	Fragmen	Hitam	24,54
23	Fragmen	Hitam	28,72
24	Fragmen	Hitam	29,69
25	Fragmen	Hitam	37,34
26	Fragmen	Hitam	24,27
27	Fragmen	Hitam	62,53
28	Fragmen	Hitam	37,33
29	Fragmen	Hitam	41,06
30	Fragmen	Hitam	24,27
31	Fragmen	Hitam	29,87
32	Fragmen	Hitam	29,89
33	Fragmen	Hitam	21,82
34	Fragmen	Hitam	32
35	Fragmen	Hitam	37,33
36	Fragmen	Coklat	73,73
37	Fragmen	Coklat	57,64
38	Fragmen	Coklat	70
39	Fragmen	Coklat	39,45
40	Fragmen	Kuning	38,48
41	Film	Hitam	51,32
42	Film	Hitam	43,6
43	Film	Hitam	39,85
44	Film	Hitam	50,74
45	Film	Hitam	98,04
46	Film	Hitam	25,39
47	Film	Hitam	37,33
48	Film	Hitam	24,47
49	Film	Hitam	43,06
50	Film	Hitam	28,74
51	Film	Kuning	21,47
52	Film	Transparan	31,47
53	Film	Transparan	22,41
54	Film	Transparan	21,83
55	Film	Transparan	21,83
56	Fiber	Hitam	223,66
57	Fiber	Hitam	117,4
58	Fiber	Hitam	242,44
59	Fiber	Kuning	115,77
60	Fiber	Biru	852,4
61	Fiber	Biru	164,85
62	Fiber	Transparan	524,78
Rerata Ukuran			70,01

Sampel 3 Suhu >35°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (µm)
1	Fragmen	Hitam	26,88
2	Fragmen	Hitam	26,79
3	Fragmen	Hitam	32,06
4	Fragmen	Hitam	26,38
5	Fragmen	Hitam	27,57
6	Fragmen	Hitam	25,28
7	Fragmen	Hitam	36,84
8	Fragmen	Hitam	27,38
9	Fragmen	Hitam	49,46
10	Fragmen	Hitam	71,86
11	Fragmen	Hitam	19,04
12	Fragmen	Hitam	32,74
13	Fragmen	Hitam	73,87
14	Fragmen	Hitam	126,93
15	Fragmen	Hitam	38,26
16	Fragmen	Hitam	39,82
17	Fragmen	Hitam	33,6
18	Fragmen	Hitam	19,91
19	Fragmen	Hitam	61,6
20	Fragmen	Hitam	33,6
21	Fragmen	Hitam	85,96
22	Fragmen	Hitam	35,47
23	Fragmen	Hitam	19,41
24	Fragmen	Hitam	74,66
25	Fragmen	Hitam	36,8
26	Fragmen	Hitam	39,58
27	Fragmen	Hitam	18,25
28	Fragmen	Hitam	23,23
29	Fragmen	Coklat	28,69
30	Fragmen	Coklat	22,41
31	Fragmen	Coklat	42
32	Fragmen	Coklat	37,35
33	Fragmen	Kuning	36,34
34	Fragmen	Kuning	35,74
35	Film	Hitam	68,13
36	Film	Hitam	54,3
37	Film	Hitam	42,13
38	Film	Hitam	53,33
39	Film	Hitam	54,5
40	Film	Hitam	32,35
41	Film	Hitam	45,63
42	Film	Hitam	48
43	Film	Kuning	40
44	Film	Kuning	31,53
45	Film	Transparan	77,65
46	Film	Transparan	45,54
47	Film	Transparan	104,53
48	Film	Transparan	33,85
49	Film	Transparan	28,29
50	Fiber	Hitam	494,02
51	Fiber	Hitam	458,01
52	Fiber	Hitam	438,42
53	Fiber	Kuning	152,28
54	Fiber	Kuning	148,72
55	Fiber	Kuning	143,26
56	Fiber	Merah	63,96
57	Fiber	Transparan	447,05
Rerata Ukuran			78,44

Sampel 1 Suhu 28–30°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (µm)
1	Fragmen	Hitam	28
2	Fragmen	Hitam	21
3	Fragmen	Hitam	22,9
4	Fragmen	Hitam	27,38
5	Fragmen	Hitam	32,25
6	Fragmen	Hitam	41,51
7	Fragmen	Hitam	25,2
8	Fragmen	Hitam	25,39
9	Fragmen	Coklat	77,65
10	Fragmen	Coklat	95,2
11	Fragmen	Coklat	61,6
12	Fragmen	Coklat	77,65
13	Fragmen	Coklat	247,81
14	Fragmen	Coklat	35,64
15	Fragmen	Kuning	110,84
16	Fragmen	Biru	29,46
17	Film	Hitam	32,38
18	Film	Hitam	37,37
19	Film	Hitam	49,96
20	Film	Hitam	62,41
21	Film	Hitam	50,91
22	Film	Hitam	71,68
23	Film	Kuning	20,16
24	Film	Kuning	32,06
25	Film	Biru	21,67
26	Film	Transparan	74,3
27	Film	Transparan	57,87
28	Film	Transparan	741,22
29	Film	Transparan	101,1
30	Film	Transparan	61,72
31	Film	Transparan	103,9
32	Film	Transparan	61,46
33	Film	Transparan	120
34	Fiber	Hitam	101,59
35	Fiber	Hitam	633,35
36	Fiber	Kuning	593,47
37	Fiber	Transparan	249,72
38	Fiber	Transparan	349,78
39	Fiber	Transparan	419,36
Rerata Ukuran			128,38

Sampel 2 Suhu 28–30°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (µm)
1	Fragmen	Hitam	34,82
2	Fragmen	Hitam	26,4
3	Fragmen	Hitam	21,65
4	Fragmen	Hitam	68,38
5	Fragmen	Hitam	43,88
6	Fragmen	Hitam	27,05
7	Fragmen	Hitam	31,83
8	Fragmen	Hitam	38,15
9	Fragmen	Coklat	131,81
10	Fragmen	Coklat	30,28
11	Fragmen	Biru	18,57
12	Fragmen	Biru	14,36
13	Film	Hitam	45,06
14	Film	Hitam	176,74
15	Film	Hitam	92,74
16	Film	Hitam	104,59
17	Film	Hitam	103,66
18	Film	Hitam	164,24
19	Film	Kuning	46,29
20	Film	Kuning	70,64
21	Film	Transparan	30,94
22	Film	Transparan	43,81
23	Film	Transparan	44,53
24	Fiber	Hitam	591,14
25	Fiber	Hitam	474,59
26	Fiber	Transparan	413,54
27	Fiber	Transparan	251,85
28	Fiber	Transparan	448,44
29	Fiber	Transparan	346,9
30	Fiber	Biru	205,88
Rerata Ukuran			138,09

Sampel 3 Suhu 28–30°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (µm)
1	Fragmen	Hitam	26,76
2	Fragmen	Hitam	59,73
3	Fragmen	Hitam	205,54
4	Fragmen	Hitam	73,05
5	Fragmen	Hitam	50,67
6	Fragmen	Hitam	200,64
7	Fragmen	Coklat	49,46
8	Fragmen	Coklat	44,84
9	Fragmen	Coklat	72,67
10	Fragmen	Kuning	30,18
11	Fragmen	Biru	38
12	Fragmen	Biru	27,22
13	Film	Hitam	44,87
14	Film	Hitam	66,17
15	Film	Hitam	60,73
16	Film	Hitam	35,04
17	Film	Hitam	66,8
18	Film	Hitam	92,4
19	Film	Kuning	60,71
20	Film	Biru	27,19
21	Film	Biru	32,46
22	Film	Biru	15,83
23	Film	Transparan	81,66
24	Film	Transparan	32,17
25	Film	Transparan	53,8
26	Film	Transparan	274,47
27	Film	Transparan	58,8
28	Fiber	Hitam	78,3
29	Fiber	Hitam	509,09
30	Fiber	Kuning	362,57
31	Fiber	Transparan	117,3
32	Fiber	Transparan	139,79
33	Fiber	Biru	1020,21
34	Fiber	Merah	125,12
35	Fiber		159,81
Rerata Ukuran			125,54

Sampel 1 Suhu <6°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (μm)
1	Fragmen	Hitam	61,54
2	Fragmen	Hitam	64,46
3	Fragmen	Hitam	160,67
4	Fragmen	Hitam	42,25
5	Fragmen	Hitam	36,48
6	Fragmen	Hitam	52,1
7	Fragmen	Hitam	27,64
8	Fragmen	Kuning	47,14
9	Fragmen	Kuning	31,01
10	Fragmen	Kuning	66,13
11	Fragmen	Biru	102,68
12	Film	Hitam	135,9
13	Film	Hitam	154,87
14	Film	Kuning	45,95
15	Film	Kuning	63,01
16	Film	Kuning	116,99
17	Film	Transparan	115,15
18	Film	Transparan	301,66
19	Film	Transparan	108,11
20	Film	Transparan	116,19
21	Film	Transparan	147,93
22	Film	Transparan	135,21
23	Film	Transparan	527,16
24	Fiber	Hitam	271,46
25	Fiber	Hitam	558,54
26	Fiber	Kuning	311,98
27	Fiber	Transparan	161,12
28	Fiber	Transparan	597,24
29	Fiber	Transparan	640,53
Rerata Ukuran			179,35

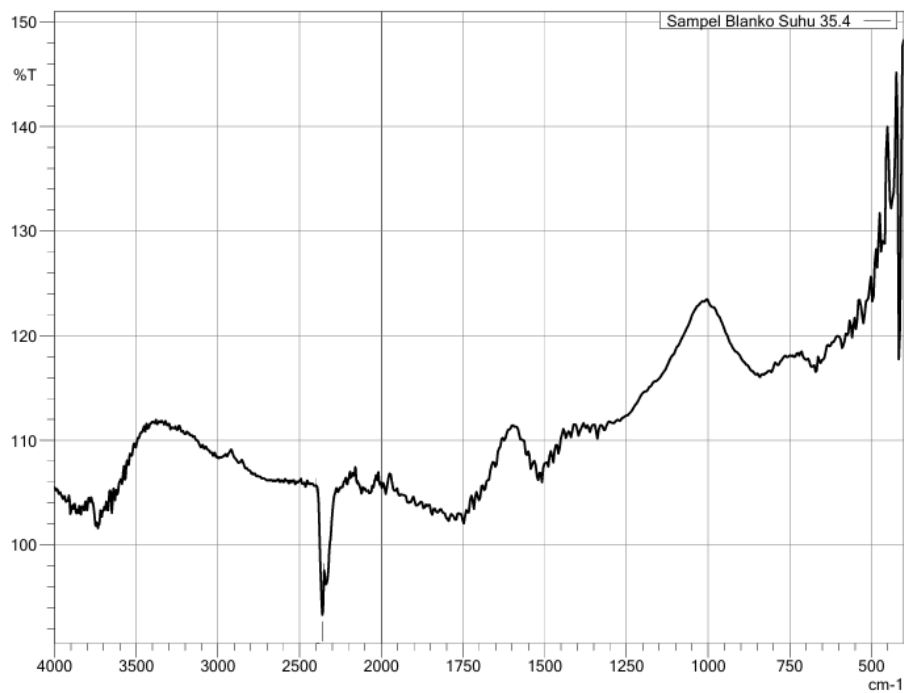
Sampel 2 Suhu <6°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (μm)
1	Fragmen	Hitam	122,78
2	Fragmen	Hitam	96,96
3	Fragmen	Hitam	219,76
4	Fragmen	Hitam	133,34
5	Fragmen	Coklat	65,8
6	Fragmen	Coklat	133,38
7	Fragmen	Kuning	43,67
8	Fragmen	Kuning	101,98
9	Fragmen	Biru	100,74
10	Film	Hitam	85,64
11	Film	Hitam	118,39
12	Film	Kuning	52,61
13	Film	Kuning	47,6
14	Film	Kuning	70,91
15	Film	Biru	25,88
16	Film	Biru	90,92
17	Film	Transparan	86,16
18	Film	Transparan	487,73
19	Film	Transparan	52,61
20	Film	Transparan	42,81
21	Film	Transparan	347,6
22	Film	Transparan	200,63
23	Film	Transparan	192,61
24	Fiber	Kuning	558,38
25	Fiber	Kuning	176,17
26	Fiber	Transparan	340,01
Rerata Ukuran			153,66

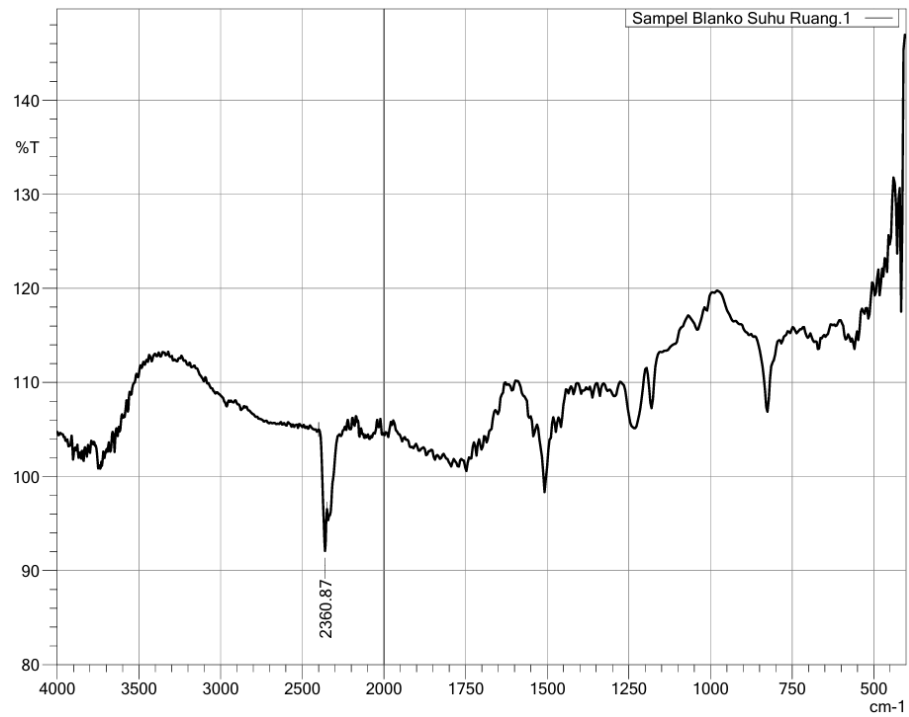
Sampel 3 Suhu <6°C

No	Bentuk	Warna	Ukuran (μm)
1	Fragmen	Hitam	136,87
2	Fragmen	Hitam	122,43
3	Fragmen	Hitam	78,55
4	Fragmen	Hitam	42,14
5	Fragmen	Kuning	174,2
6	Fragmen	Biru	40,87
7	Film	Hitam	47,15
8	Film	Kuning	31,83
9	Film	Kuning	68,53
10	Film	Transparan	110,83
11	Film	Transparan	138,26
12	Film	Transparan	44,3
13	Film	Transparan	88,15
14	Film	Transparan	147,33
15	Film	Transparan	62,09
16	Film	Transparan	69,06
17	Film	Transparan	235,55
18	Film	Transparan	72,2
19	Fiber	Kuning	207,27
20	Fiber	Transparan	298,66
21	Fiber	Transparan	488,41
22	Fiber	Transparan	217,39
23	Fiber	Transparan	218,94
24	Fiber	Transparan	547,97
25	Fiber	Transparan	366,51
26	Fiber	Transparan	215,09
27	Fiber	Biru	326,78
Rerata Ukuran			170,27

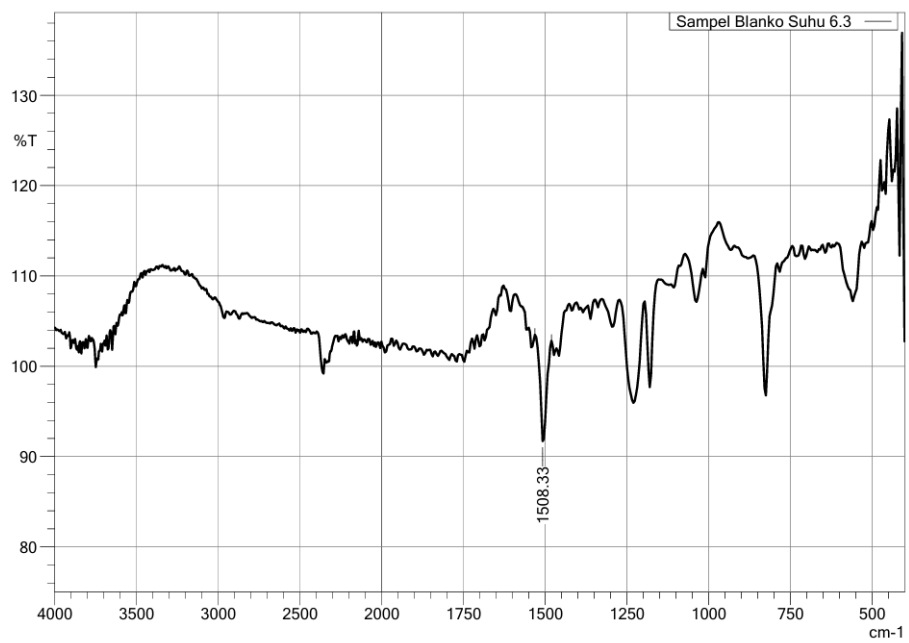
Lampiran 6 Hasil Identifikasi Polimer Gugus Fungsi



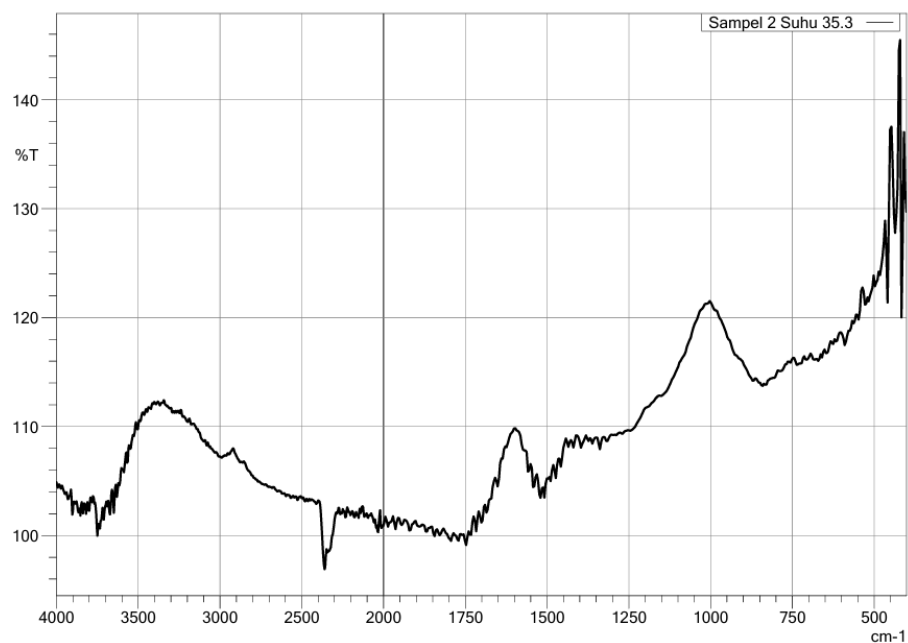
Grafik Polimer Sampel Blanko >35°C



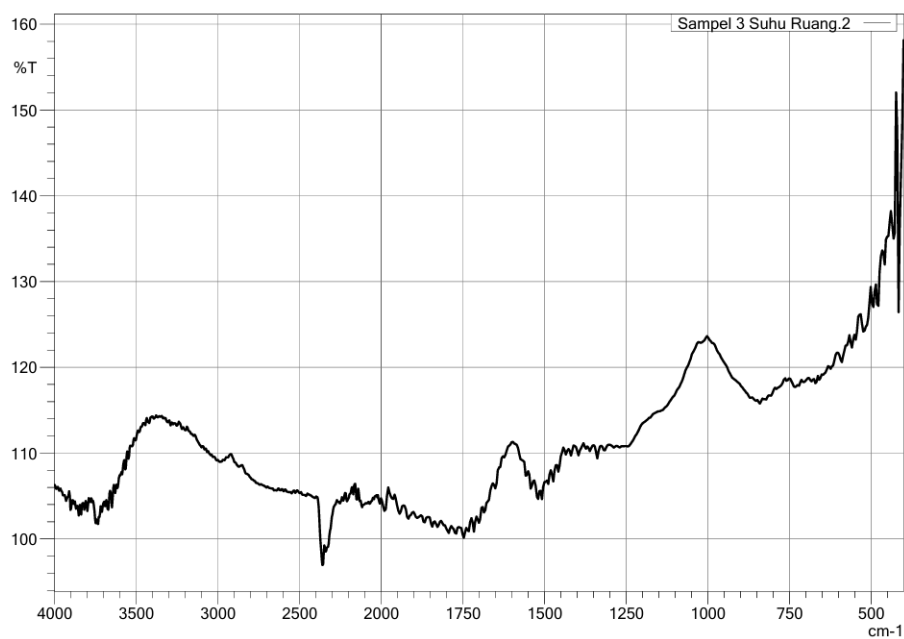
Grafik Polimer Sampel Blanko 28–30°C



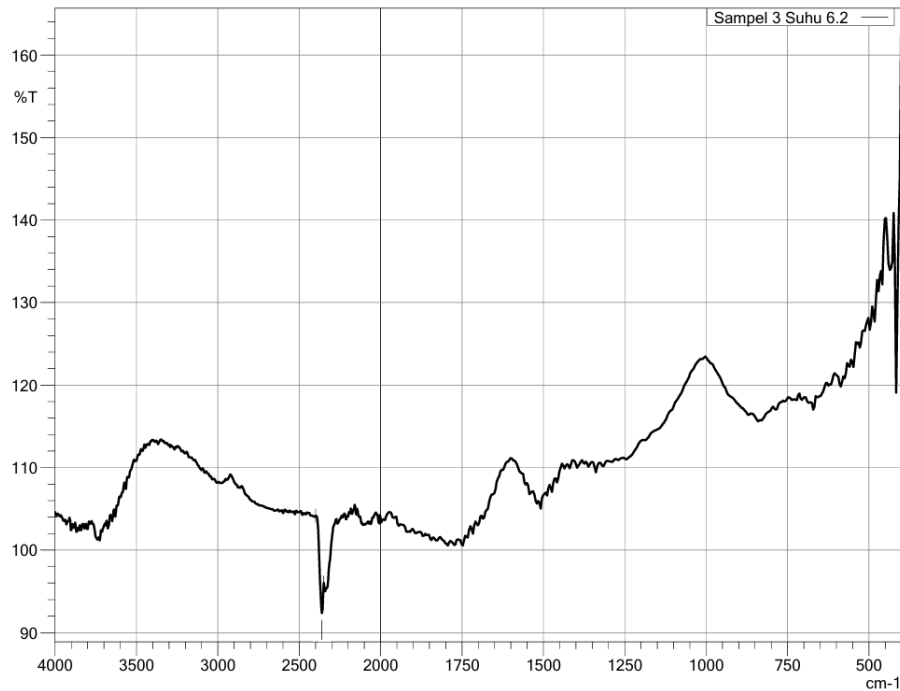
Grafik Polimer Sampel Blanko <6°C



Grafik Polimer Sampel >35°C



Grafik Polimer Sampel 28–30°C



Grafik Polimer Sampel <6°C

Lampiran 7 Perhitungan Estimasi Asupan Paparan Mikroplastik

Rumus Estimasi Asupan Paparan Harian Mikroplastik

$$EDI = \frac{CF \times Cd}{Bw}$$

Keterangan:

EDI = Estimasi Asupan Harian / *Estimation Daily Intake* (partikel/kg bb/hari)

CF = Konsentrasi Mikroplastik Dalam Sampel Air Kemasan (partikel/L)

Cd = Konsumsi Air Harian (L)

Bw = Rerata Berat Badan (Kg)

- Perlakuan Suhu >35°C

Harian (partikel/kg bb/hari)	Tahunan (partikel/kg bb/tahun)
Dewasa = $\frac{356,6 \times 2}{55} = 12,9$	$11,9 \times 365 \text{ hari} = 4725,1$
Anak = $\frac{356,6 \times 1}{15} = 23,7$	$35,6 \times 365 \text{ hari} = 8662,7$
Bayi = $\frac{356,6 \times 0,75}{5} = 53,4$	$53,4 \times 365 \text{ hari} = 19491$

- Perlakuan Suhu Ruang 28–30°C

Harian (partikel/kg bb/hari)	Tahunan (partikel/kg bb/tahun)
Dewasa = $\frac{176,67 \times 2}{55} = 6,4$	$5,9 \times 365 \text{ hari} = 2336$
Anak = $\frac{176,67 \times 1}{15} = 17,6$	$17,6 \times 365 \text{ hari} = 4282,7$
Bayi = $\frac{176,67 \times 0,75}{5} = 26,4$	$26,4 \times 365 \text{ hari} = 9336$

- Perlakuan Suhu <6°C

Harian (partikel/kg bb/hari)	Tahunan (partikel/kg bb/tahun)
Dewasa = $\frac{133,33 \times 2}{55} = 4,8$	$4,4 \times 365 \text{ hari} = 1765,3$
Anak = $\frac{133,33 \times 1}{15} = 8,9$	$13,3 \times 365 \text{ hari} = 3236,3$
Bayi = $\frac{133,33 \times 0,75}{5} = 20$	$20 \times 365 \text{ hari} = 7281,8$

RIWAYAT HIDUP



Danny Aryandi lahir di Dumai, 1 Oktober 2002 dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis mengawali pendidikan di TK Negeri Pembina (2008-2009), kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 006 Teluk Makmur selama enam tahun (2009-2015). Lalu, melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 2 Kota Dumai selama tiga tahun (2015-2018). Kemudian penulis mengemban pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri Binsus Kota Dumai selama tiga tahun (2018-2021). Setelah Lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Indonesia di Yogyakarta dan mengambil Program Studi Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Pada saat semasa kuliah penulis aktif dalam kegiatan kepanitiaan seperti panitia penyambutan mahasiswa baru FTSP yaitu Pekan Ta'aruf, kegiatan malam keakraban jurusan yaitu Lintas Lintas Lingkungan 2022 dan panitia Latihan Dasar Kepemimpinan 2023. Penulis juga aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Zero Waste yaitu mengatasi masalah persampahan dalam lingkup fakultas. Serta penulis aktif dalam organisasi didalam kampus yakni Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dalam bidang Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa. Dalam bidang akademik penulis juga pernah menjadi asisten laboratorium dalam mata kuliah Praktikum Teknik Lingkungan II.