TA/TL/2024/1872

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA AIR TANAH DI SEKITAR DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

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

ANDI FARADIVA HASSYA ASYANDA

20513259

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA AIR TANAH DI SEKITAR DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

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

Disusun Oleh:

ANDI FARADIVA HASSYA ASYANDA

20513259

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.
NIK. 155131313
Tanggal : 23/10/24

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng). Ph.D
NIK. 045130401
Tanggal: 23 Oktober 2024

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA AIR TANAH DI SEKITAR DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 23 Oktober 2024

Disusun Oleh:

ANDI FARADIVA HASSYA ASYANDA

20513259

Tim Penguji :

Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. ( ) 23 Oktober 2024

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. 21 Oktober 2024

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. ( ) 21-10-2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 23 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



Andi Faradiva Hassya Asyanda

NIM: 20513259

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas Rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air Tanah di Sekitar Daerah Aliran Sungai Code" dengan baik. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Strata satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan dan juga bantuan dari berbagai pihak. Sehingga, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelimpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar
2. Kedua orang tua dan adik-adik tersayang yang selalu memberikan doa, dukungan dan kepercayaan kepada penulis selama penulisan laporan ini.
3. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Serta dosen penguji Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D atas segala waktu dan kesempatan yang diberikan serta saran dan masukan kepada penulis.
4. Seluruh dosen, staff, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia karena telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan
5. Seluruh staff Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

yang telah memberikan ilmu, arahan serta masukan selama periode pengujian sampel.

6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, 23 Oktober 2024



Andi Faradiva Hassya Asyanda

ABSTRAK

ANDI FARADIVA HASSYA ASYANDA. Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Air Tanah di Sekitar Daerah Aliran Sungai Code. Dibimbing oleh Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T

Mikroplastik merupakan plastik yang memiliki ukuran partikel kurang dari 5 mm yang berasal dari degradasi plastik yang lebih besar. Kelimpahan mikroplastik dalam air tanah telah menjadi perhatian serius polusi plastik telah meluas ke berbagai ekosistem, bahkan termasuk air tanah. Keberadaan mikroplastik ini membawa dampak negatif terhadap lingkungan dimana mikroplastik dapat mengganggu ekosistem air melalui bioakumulasi dan potensi toksisitas yang membahayakan organisme akuatik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jumlah, kelimpahan, jenis, warna, dan polimer mikroplastik yang terkandung dalam air tanah disekitar daerah aliran sungai Code. Pengambilan sampel air dilakukan dengan mengacu kepada SNI 6989.58:2008. Analisa sampel dilakukan dengan menggunakan metode *National Ocean and Atmospheric Administration* (NOAA), uji mikroskop, serta menggunakan Spektrofotometri FT-IR. Jenis mikroplastik yang teridentifikasi ada 4 (empat) yaitu f*iber, foam, fragment,* dan *film*. Untuk varian warna yang ditemukan meliputi transparan, abu, biru, cokelat, hijau, hitam, merah muda, merah, dan kuning. Pendugaan polimer mikroplastik yang teridentifikasi adalah *Nitrile, Polycarbonate* (PC)*, Polyethylene* (PE)*, Nylon, Polypropylene* (PP) dan *Latex.* Adapun penentuan adanya hubungan signifikan antara jumlah mirkoplastik dengan kondisi di sekitar sumur menggunakan uji statistik.

Kata Kunci : Mikroplastik, Sungai Code, Air Tanah, Spektrofotometi FTIR, Uji Statistik.

ABSTRACT

ANDI FARADIVA HASSYA ASYANDA. Analysis of Microplastic Abundance in Groundwater Around the Code River Basin. Supervised by Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Microplastics are plastic particles smaller than 5 mm, originating from the degradation of larger plastic materials. The abundance of microplastics in groundwater has become a serious concern as plastic pollution has spread across various ecosystems, including groundwater. The presence of these microplastics poses negative environmental impacts, as they can disrupt aquatic ecosystems through bioaccumulation and potential toxicity harmful to aquatic organisms. This study aims to identify the quantity, abundance, types, colours, and polymers of microplastics present in groundwater around the Code River basin. Water samples were collected following the Indonesian National Standard (SNI) 6989.58:2008. The sample analysis was conducted using the National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) method, microscopic examination, and Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Four types of microplastics were identified: fiber, foam, fragment, and film. The colour variations found include transparent, gray, blue, brown, green, black, pink, red, and yellow. The identified microplastic polymers include Nitrile, Polycarbonate (PC), Polyethylene (PE), Nylon, Polypropylene (PP), and Latex. Furthermore, a statistic test was employed to determine the relationship between the number of microplastics and the conditions surrounding the wells.

Keywords: *Microplastics, Code River, Groundwater, FTIR Spectroscopy, Statistic Test.*

DAFTAR ISI

PRAKATA vii
DAFTAR ISI 4
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Mikroplastik 5
2.2 Sungai Code 4
2.3 Mikroplastik di Lingkungan 7
2.4 Mikroplastik di Air Tanah 8
2.6 Penelitian terdahulu 11
BAB III METODE PENELITIAN 13
3.1 Tahap Penelitian 13
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian 13
3.3 Pengumpulan Data 16
3.3.1 Metode Pengambilan Sampel 16
3.3.2 Alat dan Bahan 17
3.3.3 Metode Analisis Sampel 18
3.4 Analisis Data 19
3.4.1 Kelimpahan, Jenis, dan Warna Mikroplastik 19
3.4.2 Pengujian FTIR (Polimer) 19
3.4.3 Metode Korelasi Kelimpahan Mikroplastik dengan Kondisi Sekitar 20
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 24
4.1 Deskripsi Kondisi Wilayah Pengambilan Sampel 24
4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah dan Kelimpahan 28
4.3 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis dan Warna 41
4.4 Identifikasi Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR 46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 48
5.1 Kesimpulan 48
5.2 Saran 49
DAFTAR PUSTAKA 50
LAMPIRAN 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sumber Utama Mikroplastik yang Ada di Laut ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 2 Alur Adanya Mikroplastik di Air Tanah 10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....13
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Sampling Air Tanah 14
Gambar 3. 3 Lokasi Titik Sampling..... 15
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengambilan Sampel..... 16
Gambar 3. 5 Pengambilan dan Penyimpanan Sampel Air Tanah 17
Gambar 3. 6 Diagram Alir Analisis Sampel 18
Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Mikroplastik (partikel) 28
Gambar 4. 2 Grafik Kelimpahan Mikroplastik (partikel/100ml)..... 29
Gambar 4. 3 Keterkaitan dengan Jarak Sungai 31
Gambar 4. 4 Keterkaitan dengan Kedalaman Sumur..... 33
Gambar 4. 5 Keterkaitan dengan Umur Sumur..... 34
Gambar 4. 6 Keterkaitan dengan Jenis Sumur..... 35
Gambar 4. 7 Keterkaitan dengan Penutup Lancar 36
Gambar 4. 8 Bentuk Mikroplastik yang Ditemukan..... 42
Gambar 4. 9 Grafik Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis 42
Gambar 4. 10 Grafik Jumlah Mikroplastik Tiap Titik Berdasarkan Bentuk..... 43
Gambar 4. 11 Warna Mikroplastik yang Ditemukan..... 45
Gambar 4. 12 Persentase Warna Mikroplastik..... 45
Gambar 4. 13 Polimer yang Teridentifikasi pada Mikropalstik..... 46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Jenis Mikroplastik..... 6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 11
Tabel 3. 1 Alat Pengujian Sampel.....17
Tabel 3. 2 Bahan Pengujian Sampel 17
Tabel 4. 1 Deskripsi Kondisi Wilayah Pengambilan Sampel.....25
Tabel 4. 2 Keterkaitan dengan Kepadatan Penduduk 30
Tabel 4. 3 Hasil Korelasi Pearson Tiap Parameter 37

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebergantungan pada plastik sudah ada sejak produksi komersial yang dimulai sekitar tahun 1950. Keserbagunaannya, stabilitasnya, bobotnya yang ringan, dan biaya produksi yang rendah telah memicu permintaan global yang sangat besar, sehingga sampah plastik kemudian menjadi salah satu permasalahan global. Plastik merupakan polimer sintesis yang sulit terurai dan membutuhkan waktu ratusan tahun (Guo dkk. 2020). Menurut Ismi dkk. (2019), proses degradasi pada plastik, melalui proses fisik, kimiawi maupun biologis, suatu saat akan berakhir menjadi mikroplastik. Mikroplastik didefinisikan sebagai plastik yang berukuran kurang dari 5 mm yang tidak dapat dilihat langsung dengan mata dan terbentuk dari hasil proses degradasi plastik dengan suhu tinggi dan proses abrasi mekanik oleh sedimen (GESAMP, 2016).

Peningkatan sampah plastik di badan air Sungai Code menimbulkan pencemaran ekosistem sungai. Limbah plastik tersebut akan mengalami proses degradasi menjadi partikel mikroplastik yang dapat terbawa sepanjang badan sungai. Penelitian sebelumnya telah menemukan adanya kontaminasi mikroplastik di perairan Sungai Code, Yogyakarta. Syachbudi (2020) mencatat kelimpahan mikroplastik di sungai tersebut, dengan konsentrasi partikel bervariasi dari hulu hingga hilir, mencapai 5,85 partikel/liter. Bentuk fragmen mikroplastik paling mendominasi, dengan warna hitam sebagai yang terbanyak. Air sungai yang tercemar mikroplastik meresap masuk ke dalam tanah sehingga sampai ke dalam sumur-sumur warga dan menyebabkan pencemaran air tanah. Jarak sumur yang terlalu dekat dengan sungai memiliki kemungkinan pencemaran lebih besar dari pada sumur yang keberadaannya lebih jauh dari sungai. Di Provinsi DI Yogyakarta masih terdapat penduduk yang mengonsumsi air yang berasal dari sumur karena keterbatasan jaringan PDAM di perkampungan terutama bagi masyarakat ekonomi rendah (Musfirah, 2020). Paparan mikroplastik pada manusia jika tekonsumsi

secara terus menerus dapat menyebabkan penyakit seperti gangguan sistem syaraf, memicu reaksi alergi, kanker, penuruanan sistem imun, gangguan pada sistem reproduksi, serta kerusakan sel dalam tubuh. Di Indonesia penelitian yang dilakukan terhadap mikroplastik adalah seputar perairan (seperti air laut, air tawar dan muara). Saat ini masih minim penelitian terhadap mikroplastik pada air tanah atau air sumur di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Pada era di mana plastik menjadi kebutuhan sehari-hari yang dominan, pertanyaan tentang sejauh mana mikroplastik mengkontaminasi serta mempengaruhi kualitas air tanah menjadi sangat penting. Terutama mengingat dengan kondisi air tanah pada sekitar sungai Code yang terletak di Daerah Istimeya Yogyakarta. Bagaimanakah kelimpahan mikroplastik yang terdapat dalam air tanah sekitar sungai Code? Bagaimana korelasi yang ada antara kelimpahan mikroplastik air tanah pada kondisi disekitar sumur?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian mengenai mikroplastik pada air tanah yang masih terbatas menimbulkan kebutuhan akan pemahaman yang lebih mendalam. Maka dari itu tujuan penelitian ini adalah menganalisa kelimpaham mikroplastik pada air tanah sekitar sungai Code dan mengetahui korelasi yang ada antara kelimpahan mikroplastik air tanah pada kondisi disekitar sumur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi terkait keberadaan mikroplastik pada air tanah sehingga dapat menjadi sumber pembelajaran untuk topik penelitian yang serupa serta mempermudah dalam membuat sistem pengelolaan lingkungan yang tepat untuk menanggulangi kelimpahan mikroplastik pada air tanah.

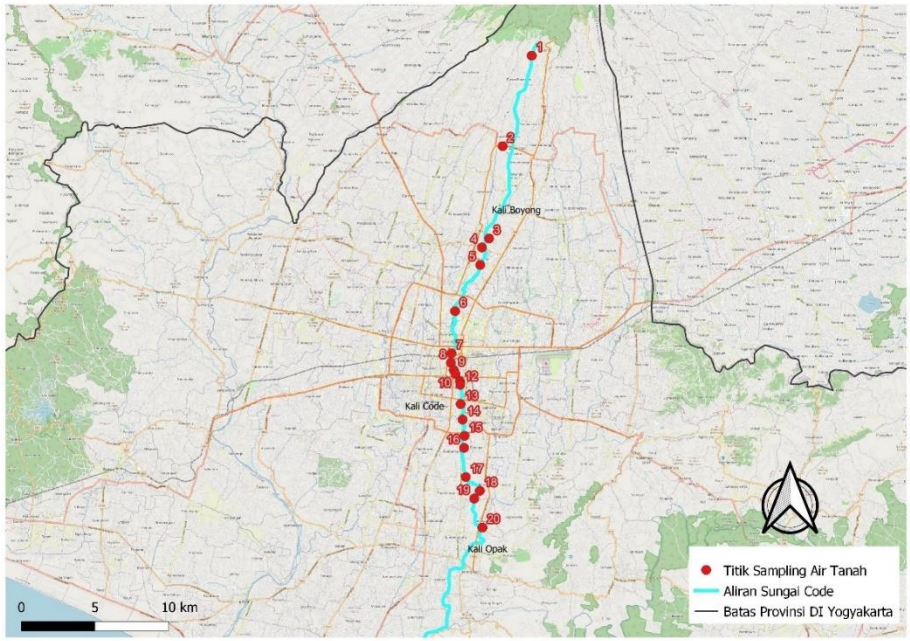
1.5 Ruang Lingkup

1. Pengambilan sampel uji dilakukan kurang lebih 10-500 meter dari sepanjang kali Code, D.I Yogyakarta mulai dari hulu sampai hilir
2. Pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium teknik lingkungan UII
3. Mikroplastik yang dianalisis meliputi partikel plastik berukuran < 5 mm berupa bentuk fragmen, fiber, pellet, dan film serta warna mikroplastik
4. Metode yang digunakan adalah metode yang direkomendasikan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)
5. Menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) untuk mengidentifikasi karakteristik kimia pada mikroplastik serta menggunakan mikroskop untuk mengindifikasi karakter fisik yang ada.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DAS Sungai Code

Daerah Aliran Sungai (DAS) Code adalah salah satu DAS di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengalir melalui Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul, dengan panjang keseluruhan sekitar 41 kilometer (BPLH, 2014). Selain berfungsi sebagai sumber air dan sarana transportasi, Sungai Code menghadapi masalah pencemaran serius. Penelitian oleh Widyasari (2009) menemukan bahwa pencemaran di Sungai Code berasal dari limbah padat seperti sampah rumah tangga dan industri serta limbah cair dari rumah tangga, industri, dan pertanian. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Sriyono dkk. (2017) tentang pencemaran air sumur di daerah berteras bantaran Sungai Code, Yogyakarta, menunjukkan bahwa kualitas air sumur telah terpengaruh oleh berbagai sumber pencemaran, termasuk limbah domestik dan industri. Meskipun tidak secara langsung membahas pergerakan air sungai ke dalam air sumur, penelitian ini mengindikasikan adanya interaksi antara kualitas air sungai dan kondisi lingkungan di sekitarnya, di mana pencemaran di sungai dapat berdampak pada kualitas air tanah. Terutama, kehadiran mikroplastik di sungai ini menjadi masalah besar karena dampaknya terhadap kesehatan lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik telah mencemari Sungai Code akibat aktivitas manusia seperti pembuangan limbah dan sampah plastik. Mikroplastik dapat terakumulasi di sungai dan berpotensi mencemari sumber air tanah di sekitarnya. Studi terbaru mengidentifikasi mikroplastik dalam konsentrasi signifikan di sepanjang aliran sungai, dalam berbagai bentuk dan ukuran, Ini menegaskan bahwa Sungai Code tidak hanya berfungsi sebagai sumber air, tetapi juga sebagai jalur pencemaran yang mempengaruhi ekosistem dan kesehatan masyarakat yang bergantung pada sumber daya air tersebut (Shamskhany dkk., 2021).



Gambar 2. 1 Peta Aliran Sungai Code

Sumber: KOMINFO BIP 2010

2.2 Mikroplastik

Mikroplastik merupakan plastik yang memiliki ukuran partikel kurang dari 5 mm. telah menjadi perhatian utama sebagai polutan lingkungan yang signifikan dan ditemukan di berbagai ekosistem atmosfer, daratan, serta perairan, termasuk air tanah. Partikel-partikel ini memiliki keragaman dalam komposisi kimia, bentuk, dan ukuran, dengan sumber utama berasal dari MPs primer yang dihasilkan melalui erosi produk sehari-hari seperti serat tekstil dan mikroba yang digunakan dalam kosmetik, serta butiran plastik untuk produksi barang plastik. Selain itu, MPs sekunder terbentuk dari fragmentasi plastik besar akibat pelapukan di lingkungan (Calero dkk. 2024). Menurut Cordova dkk. (2019), pencemaran mikroplastik di lingkungan perairan berasal dari dua sumber utama. Sumber pertama adalah sampah plastik berukuran besar, seperti kemasan makanan, minuman, dan sedotan, yang hancur menjadi potongan-potongan kecil di perairan. Sumber kedua adalah produk perawatan kosmetik yang mengandung microbeads. Microbeads adalah butiran kecil dari plastik dengan ukuran mikro atau kecil, dengan diameter kurang dari 5 mm. Setelah dicampur dengan bahan kosmetik lainnya, microbeads menjadi

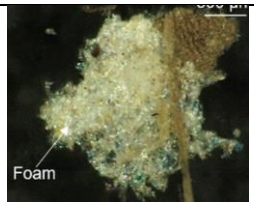
butiran scrub yang sering ditemukan dalam produk seperti pasta gigi, sabun mandi, perawatan kulit, dan produk kosmetik lainnya.

2.3 Jenis Mikroplastik

Secara umum mikroplastik dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuknya yaitu *fiber*, *pellet, fragment* dan *film*. Tabel berikut memberikan penjelasan singkat terkait tiap klasfikasinya

Tabel 2. 1 Klasifikasi Jenis Mikroplastik

Jenis	**Penjelasan**	**Gambar**
Fiber	Fiber adalah jenis mikroplastik yang memiliki bentuk dan ukuran yang tipis memanjang, jenis mikroplastik fiber ini berasal dari bahan sintetik seperti benang, senar pancing dan jaring nelayan (Yudhantari, 2019)	
Fragmen	Mikroplastik jenis fragmen adalah mikroplastik yang berasal dari pecahan plastik yang berukuran lebih besar hasil limbah dari perumahan maupun pertokoan yang memiliki bentuk tidak beraturan, dan apabila mikroplastik tidak dapat diidentifikasi maka dikategorikan sebagai jenis fragmen (Castillo, 2016)	

Jenis	Penjelasan	Gambar
Film	Jenis mikroplastik ini berasal dari pecahan plastik yang memiliki densitas rendah, dan mudah terbawa arus karena sifatnya yang ringan (Widianarko & Hartono, 2018). Bentuk dari mikroplastik ini tidak beraturan, ringan, transparan dan lebih tipis dibanding fragmen (Yudhantari dkk., 2019)	
Foam	Definisi foam menurut Free dkk. (2014) adalah partikel plastik yang memiliki massa ringan dan bentuknya seperti spons, misalnya pelampung busa dan styrofoam.	

2.4 Mikroplastik di Lingkungan

Karena mayoritas plastik berasal dari daratan, ekosistem darat dan infrastruktur air limbah menjadi jalur utama bagi mikroplastik untuk masuk ke lingkungan laut ataupun air tawar. Saluran utama mikroplastik primer masuk ke lingkungan adalah: 1) melalui instalasi pengolahan air limbah (IPAL), yang berkontribusi 25% dari total global, 2) melalui limpasan dari jalan, yang berkontribusi 66%, 3) melalui angin, yang berkontribusi 7%, dan 4) melalui aktivitas di laut, yang berkontribusi 2%. (IUCN, 2019). Sumber sekunder meliputi serat atau potongan hasil pemutusan rantai dari plastik yang lebih besar yang mungkin terjadi sebelum mikroplastik memasuki lingkungan. Potongan ini dapat berasal dari jala ikan, bahan baku industri, alat rumah tangga, kantong plastik yang memang dirancang untuk terdegradasi di lingkungan, serat sintetis dari pencucian pakaian, atau akibat pelapukan produk plastik lainnya (Chang, 2012). Mikroplastik tidak bisa terurai secara biologis. Oleh karena itu, sekali masuk ke lingkungan, mikroplastik primer dan sekunder akan menumpuk dan bertahan lama.

Mikroplastik ditemukan di berbagai lingkungan, termasuk lautan dan ekosistem air tawar. Di lautan, pada awal abad ke-21, diperkirakan ada 4 juta hingga 14 juta ton polusi plastik setiap tahunnya dari semua jenis plastik. Mikroplastik juga berkontribusi terhadap polusi udara, ditemukan dalam bentuk debu dan partikel serat di udara. (Rogers, 2024).

Penelitian oleh Karimpour dkk. (2021) berfokus pada dampak ukuran mikroplastik terhadap mobilitas dan transportasi dalam lingkungan laut. Dimana mobilitas mikroplastik dipengaruhi oleh berbagai proses hidrodinamik, termasuk turbulensi dan interaksi dengan partikel lain. Penelitian ini mengidentifikasi bahwa ukuran partikel mikroplastik berperan penting dalam proses mobilitas mikroplastik dimana partikel mikroplastik yang lebih kecil lebih mudah terjebak dalam aliran turbulen, sedangkan yang lebih besar cenderung tenggelam. Mikroplastik dapat terbentuk dari fragmentasi plastik yang lebih besar akibat berbagai faktor, termasuk paparan sinar UV, oksidasi, dan gesekan mekanis. Proses ini mengakibatkan plastik yang lebih besar terpecah menjadi partikel yang lebih kecil. Degradasi mikroplastik dapat terjadi melalui proses kimia dan biologis. Proses kimia melibatkan reaksi dengan oksigen dan sinar UV, sedangkan proses biologis melibatkan mikroorganisme yang memecah struktur plastik (Andrady, 2022). Selama proses degradasi, mikroplastik dapat menyerap polutan dan toksin dari lingkungan, yang kemudian dapat terakumulasi dalam rantai makanan ketika mikroplastik ini diambil oleh organisme akuatik. Proses-proses ini secara signifikan mengubah ukuran, bentuk, dan struktur mikroplastik, meningkatkan kemampuannya untuk menyebar lebih luas dan masuk ke dalam rantai makanan, serta mempersulit upaya mitigasi dan pemantauan di lingkungan (Gigault dkk., 2021).

2.5 Mikroplastik di Air Tanah

Berdasarkan kajian Elvira dkk. (2024), air tanah terbentuk melalui infiltrasi air hujan dan air permukaan, seperti sungai, yang meresap ke dalam tanah dan menjadi salah satu sumber utama air bersih bagi kebutuhan domestik. Sumur adalah struktur buatan yang digunakan untuk mengekstraksi air tanah agar dapat digunakan oleh manusia. Jenis sumur yang paling umum adalah sumur gali dan

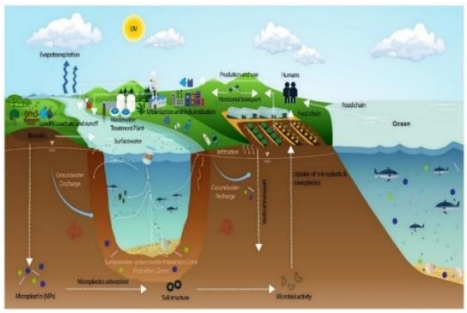
sumur bor. Spesifikasi SNI 03-2916-1992 mengatur standar sumur gali untuk sumber air bersih rumah tangga, mencakup bentuk, ukuran, kualitas, konstruksi, dan penempatannya. Material yang digunakan meliputi batu bata, beton, dan kerikil, dengan ketentuan konstruksi seperti ketebalan dinding dan saluran pembuangan. Sumur ditempatkan di lapisan tanah yang mengandung air berkesinambungan serta jarak minimal 11 meter dari sumber pencemar dan 50 meter dari sumur lain atau fasilitas umum.

Sungai sering berfungsi sebagai sumber pengisian akuifer melalui infiltrasi, dengan interaksi antara air tanah dan sungai yang bergantung pada pergerakan hidrolik. Mikroplastik dapat masuk ke air tanah melalui infiltrasi air permukaan yang tercemar, terutama dari sungai yang terkontaminasi limbah plastik. Jalur masuk mikroplastik ke dalam air tanah meliputi limpasan permukaan, penetrasi tanah, dan limbah domestik. Setelah berada di dalam akuifer, mikroplastik dapat bertahan lama karena sifatnya yang sulit terurai, berpotensi menyebabkan kontaminasi jangka panjang. Kondisi musim hujan juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah mikroplastik di air tanah karena aliran air yang lebih deras memudahkan infiltrasi.Kelimpahan mikroplastik di sungai tidak secara langsung menjamin tingginya kelimpahan mikroplastik di sumur sekitar. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penyebaran mikroplastik dari sungai ke sumur antara lain;

a. Ukuran dan Sifat Mikroplastik: Partikel mikroplastik yang lebih besar mungkin tersaring oleh tanah sebelum mencapai sumur, sementara partikel yang lebih kecil berpotensi terbawa lebih jauh, tergantung pada porositas tanah (Zhang dkk., 2021).
b. Kemampuan infiltrasi lahan: Lahan dengan infiltrasi tinggi, seperti area dengan tanah yang porous atau permeabel (misalnya pasir atau kerikil), memungkinkan air permukaan yang tercemar mikroplastik untuk lebih mudah meresap ke dalam tanah dan mencapai akuifer. Di wilayah tersebut, mikroplastik dari sumber-sumber seperti sungai yang tercemar, limpasan permukaan, atau air hujan yang membawa partikel plastik, dapat dengan cepat masuk ke sistem air tanah. Sebaliknya, lahan dengan infiltrasi rendah,

seperti tanah liat atau area yang padat karena urbanisasi (misalnya, permukaan beton), memiliki kemampuan infiltrasi yang terbatas, sehingga memperlambat peresapan air permukaan dan mikroplastik (Zhang dkk., 2021).

c. Aktivitas Manusia: Penggunaan lahan di antara sungai dan sumur juga berpengaruh. Jika ada aktivitas manusia yang meningkatkan kontaminasi mikroplastik, sumur bisa terpengaruh terlepas dari kelimpahan mikroplastik di sungai (Koelmans dkk., 2019).



Gambar 2. 2 Alur Adanya Mikroplastik di Air Tanah

Sumber : Kim Heejung dkk. 2020

2.5 Dampak Mikroplastik

Mikroplastik di air tanah memiliki beberapa dampak negatif yang signifikan. Salah satu efeknya adalah mengganggu kemampuan tanah untuk menyerap dan menyimpan air. Beberapa penelitian menemukan bahwa dalam jumlah besar, mikroplastik dapat mempengaruhi aliran air di tanah (Machado et al., 2018). Selain itu, mikroplastik jika di konsumsi dapat memicu respon imun yang tidak normal dan memiliki potensi untuk menyebabkan penyakit pada manusia, termasuk infertilitas, obesitas, dan kanker (Prata dkk., 2020). Mikroplastik juga memberikan kekhawatiran dalam lingkungan, dimana air tanah yang terkontaminasi mikroplastik dapat membahayakan kehidupan akuatik seperti stygofauna dan troglofauna yang hidup dalam ekosistem air tanah. Keberadaan mikroplastik juga dapat mencemari tanah, mempengaruhi kehidupan di darat dan berpotensi menyebabkan transportasi vertikal mikroplastik ke dalam air subsurface (Khant,2022)

2.6 Penelitian terdahulu

Seiring dengan meningkatnya kekhawatrian dampak lingkungan dan kesehatan manusia yang disebabkan oleh polusi mikroplastik, penelitian-penelitian sebelumnya terlah memberikan wawasan tentang bagaiman cara transportasi mikroplastik hingga masuk ke air tanah. Berbagai penelitian telah mengungkapkan bahwa mikroplastik dapat menembus ke dalam akuifer dan menumpuk di lingkungan subpermukaan, serta berpotensi menyebabkan kontaminasi jangka panjang.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

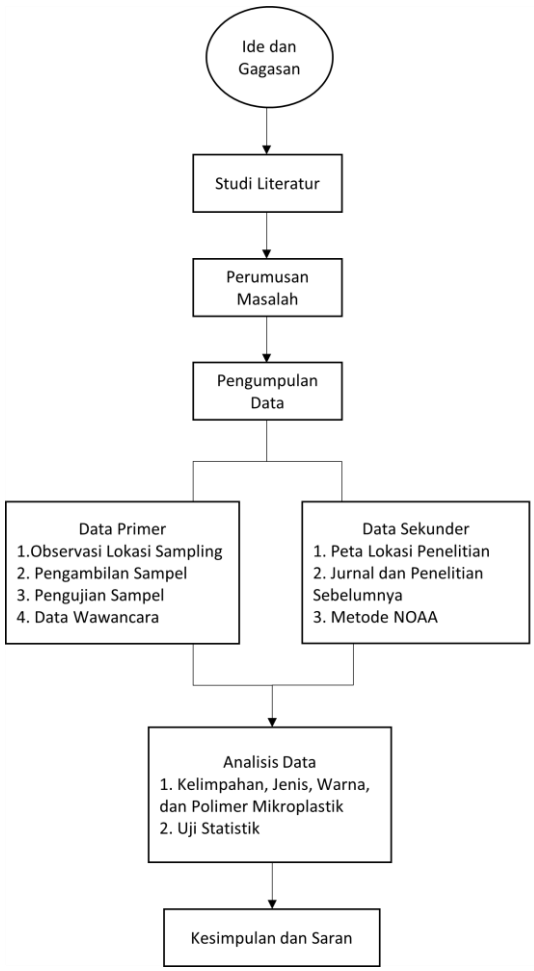
No	Peneliti	Hasil
1	Severini E, Ducci L, Sutti A, Robottom S, Sutti S, Celico F. Water. (2022)	Jika berada di air tanah, mikroplastik dapat bertahan dalam jangka waktu lama karena ketahanannya terhadap degradasi, sehingga berpotensi menyebabkan kontaminasi dan paparan jangka panjang. Mikroplastik dalam air tanah juga dapat mengganggu keseimbangan alami ekosistem, mempengaruhi siklus unsur hara, struktur tanah, dan berpotensi menyebabkan kontaminasi dan paparan jangka panjang.
2	Huang, J., Chen, H., Zheng, Y., Yang, Y., Zhang, Y., & Gao, B. (2021)	Perpindahan tanah dan efluen air limbah melalui zona hiporeik ke akuifer dapat menjadi sumber potensial dan jalur mikroplastik di air tanah. Kehadiran mikroplastik di air tanah dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia, tanaman, nematoda, cacing tanah, dan sifat-sifat tanah.

No	Peneliti	Hasil
3	Yaqiang Wei and Yuling Chen (2023)	Mikroplastik bisa masuk kedalam tanah dengan berbagai macam interaksi dengan media seperi air, tanah, secara atmosfir dan biologis. Faktor seperti siklus basah-kering yang sering dan keberadaan materi organik terlarut mempercepat pergerakan MPs secara vertikal dalam akuifer berpasir. MPs juga bisa menembus media berpori jika porositasnya jauh lebih besar daripada partikelnya, atau jika partikel membentuk lapisan penyumbatan. Karakteristik aliran air tanah, terutama perubahan tiba-tiba dalam laju aliran, sangat memengaruhi bagaimana MP bergerak dan tersebar di dalam air tanah.
4	Alvarado-Zambrano, et. Al (2023)	Ditemukan 330 mikroplastik pada 18 sampel air tanah yang berada di barat laut meksiko. Berdasarkan korelasi, distribusi spasial, dan informasi hidrologi dari akuifer, diasumsikan adanya tiga jalur transportasi yang berbeda: intrusi rawa, intrusi laut, dan permeasi melalui tanah. Di antara sumber polimer, bahan pertanian, seperti plastik penutup tanah, diyakini sebagai yang utama. Secara berurutan menurun dalam kelimpahan, jenis polimer yang terdeteksi adalah iPP, HEC, PVC, dan LDPE.
5	Atefeh E. et. al (2022)	MPs telah ditentukan dalam sepuluh sampel sumur yang diperoleh dari akuifer aluvial di sebuah wilayah di Shiraz, Iran. Sebagian besar MP (sekitar 70%) adalah serat dengan panjang ≤ 500 μm, tetapi fragmen dan film juga ditemukan di beberapa lokasi, dan polimer yang dominan adalah polystyrene, polyethylene and polyethylene terephthalate..

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

Berikut adalah gambar diagram alir penelitian yang dilakukan.

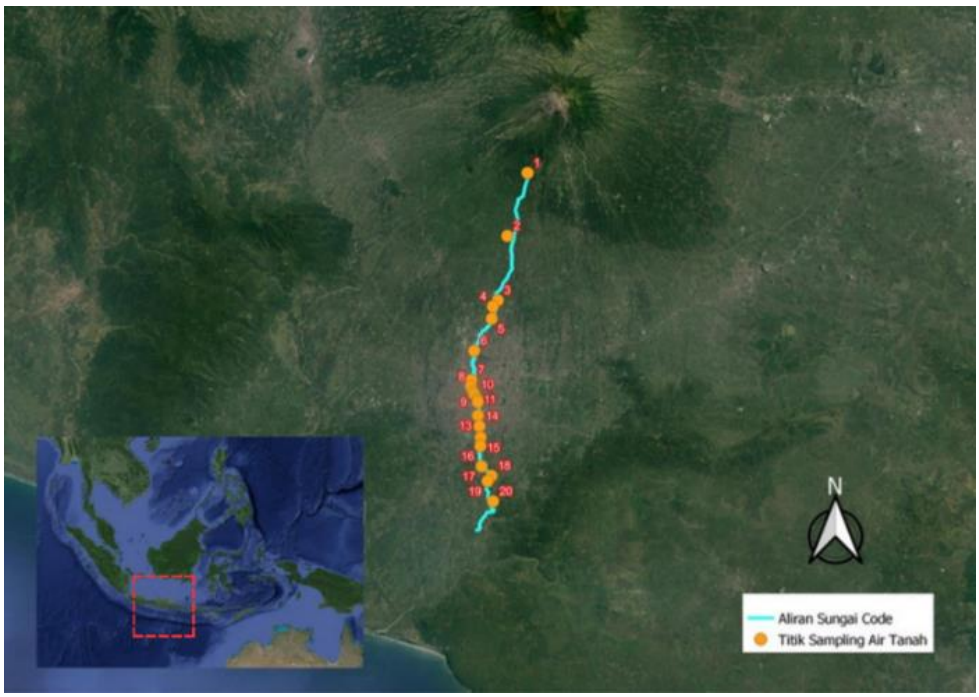


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil 20 sampel air tanah pada hulu hingga hilir sekitar sungai Code. Penentuan lokasi berdasarkan jarak antara sumur dan sungai karena semakin dekat dengan sungai semakin besar potensi pencemarannya, dan memungkinkan kontaminasi mikroplastik pada sumur penduduk sekitar sungai tersebut. Berdasarkan hasil survey lapangan yang sudah dilakukan dengan

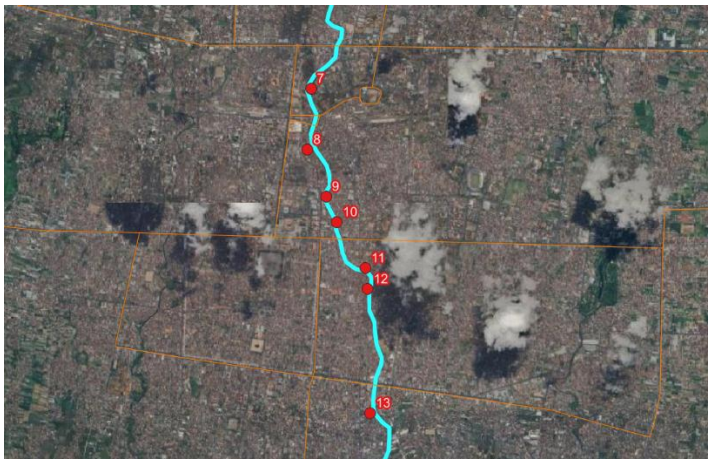
mempertimbangkan lokasi sampling yang mudah untuk diakses dan faktor keamanan dan keselamatan. Pengambilan sampel dilakukan selama 3 hari yaitu pada tanggal 8, 11, dan 12 Maret 2024. Pada tanggal 8 Maret, dilakukan pemngambilan sampling pada bagian kecamatan Sleman sebanyak 6 titik sampling, lalu tanggal 11 Maret dilakukan pengambilan sampel pada bagian kecamatan Kota Yogyakarta sebanyak 7 titik sampling dan pada tanggal 12 Maret dilakukan pengambilan sampel di kecamatan Bantul dengan 7 titik sampling. Berikut merupakan peta lokasi pengambilan sampel yang akan dilakukan di sepanjang Sungai Code:



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Sampling Air Tanah



Gambar 3.3 Titik Lokasi Titik Sampling Hulu



Gambar 3. 4 Titik Lokasi Titik Sampling Tengah



Gambar 3.5 Titik Lokasi Titik Sampling Hilir

Pengambilan sampel dilakukan selama 3 hari yaitu pada tanggal 8, 11, dan 12 Maret 2024. Pada tanggal 8 Maret, dilakukan pemngambilan sampling pada bagian kecamatan Sleman sebanyak 6 titik sampling, lalu tanggal 11 Maret dilakukan pengambilan sampel pada bagian kecamatan Kota Yogyakarta sebanyak 7 titik sampling dan pada tanggal 12 Maret dilakukan pengambilan sampel di kecamatan Bantul dengan 7 titik sampling. Pengujian pertama kali dilakukan di laboratorium pada tanggal 20 Maret 2024.

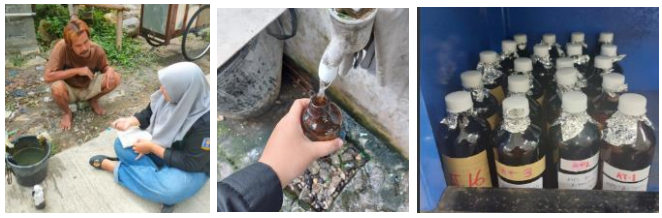
3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Metode Pengambilan Sampel

Sampel air tanah diambil pada 20 titik sampel, dari hulu bagian daerah Sleman hingga hilir di daerah Bantul dengan jarak 10 - 400 meter dari sungai. Pengambilan sampel air pada sumur penduduk dilakukan dengan mengacu pada SNI 6989.58:2008. Sampel air akan diambil dari keluaran pompa atau keran yang sebelumnya telah dibiarkan mengalir selama 1-2 menit agar dapat menghindari sampel air yang terkontaminasi oleh pipa maupun ujung keran. Wadah yang berupa botol kaca dengan ukuran 300 ml sebelumnya harus dipersiapkan dengan membilas botol tersebut menggunakan air yang mengalir dari keran tersebut. Setelah air dibiarkan mengalir selama 1-2 menit dan wadah telah dibilas, sampel air kemudian dimasukkan ke botol kaca dengan ukuran 300 ml dan kemudian ditutup dengan dilapisi alumunium foil sebelum penutup botol digunakan karena penutup botol tersebut berbahan dasar plastik. Pelapisan dengan alumunium foil ini bertujuan agar tutup botol berbahan plastik tersebut tidak mengkontaminasi sampel air yang telah ditampung.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Sampel

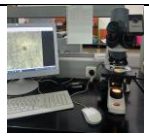


Gambar 3. 4 Pengambilan dan Penyimpanan Sampel Air Tanah

3.3.2 Alat dan Bahan

Dalam proses pengujian sampel, diperlukan alat dan bahan yang sesuai untuk mendukung setiap tahap penelitian. Detail alat dan bahan dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 berikut;

Tabel 3. 1 Alat Pengujian Sampel

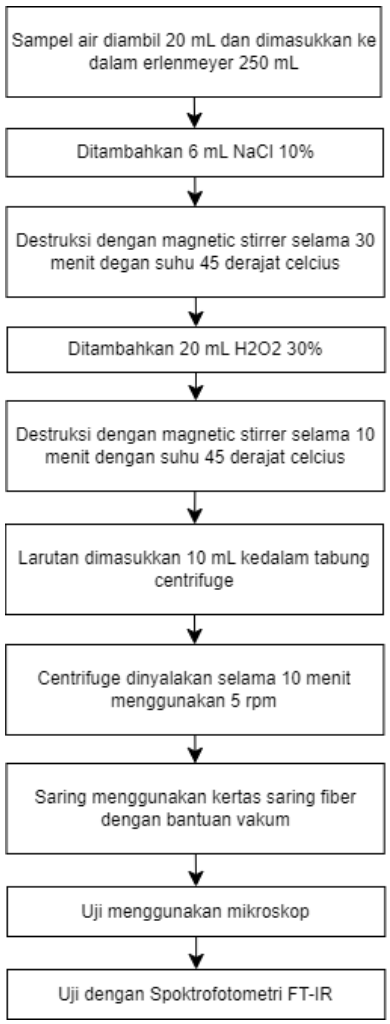
No	Alat	Spesifikasi	Gambar
1	Mikroskop	Binoculer XSZ-107BN	
2	Kertas Saring	Whatman GF/B CAT No. 1821-047.	
3	Fourier-Transform Infrared Spectrostocopy	IR Tracer – 100 AH	

Tabel 3. 2 Bahan Pengujian Sampel

No	Bahan	Keterangan
1	NaCl 10%	Larutan natrium klorida (NaCl) dengan konsentrasi 10% yang dibuat menggunakan NaCl dengan tingkat kemurnian analitik. Larutan 10% berarti terdapat 10 gram NaCl yang dilarutkan dalam air hingga total volume larutan mencapai 100 mL. NaCl membantu untuk mengurangi densitas pada larutan.

2	H_2O_2 30%	H_2O_2 30% merujuk pada larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan konsentrasi 30% dalam air. Ini berarti dalam 100 mL larutan, terdapat 30 gram H_2O_2 dan 70 gram air. H_2O_2 30% berfungsi dalam menghilangkan berbagai senyawa organik pada sampel tanpa meninggalkan residu bagi lingkungan

3.3.3 Metode Analisis Sampel



Gambar 3. 5 Diagram Alir Analisis Sampel

Pengujian sampel berpatokan dengan metode National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dengan melakukan sedikit modifikasi.

Sampel air dalam botol kaca 300 mL diambil sebanyak 20 mL dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 mL. Sampel ditambahkan larutan NaCl 10% sebanyak 6 mL kedalam erlenmeyer. Larutan kemudian di destruksi menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan suhu 45 °C. Kemudian ditambahkan H2O2 30% sebanyak 20 mL dan didestruksi kembali menggunakan magnetic stirrer selama 10 menit dengan suhu 45 °C. Setelah itu sampel dimasukkan kedalam tabung centrifuge dan alat centrifuge dinyalakan selama 10 menit dengan kecepatan 5 rpm. Setelah proses centrifuge selesai. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas saring dan bantuan vakum. Kemudian kertas saring dianalisas menggunakan miksroskop dan diuji menggunakan Spektrofotometri FT-IR.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Kelimpahan, Jenis, dan Warna Mikroplastik

Mikroplastik diidentifikasi dengan melihat jumlah dan bentuk mikroplastik berupa penampakan karakteristik morfologi partikel mikroplastik meliputi warna (merah, biru, hijau, putih, kuning, abu-abu, hitam, pink, transparan, dan lain-lain), serta bentuk partikel (fiber, film, fragment, foam) pada masing-masing sampel untuk diklasifikasi dan dikuantifikasi berdasarkan bentuk partikel mikroplastik yang dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Kelimpahan mikroplastik dapat dihitung dengan membandingkan jumlah partikel yang ditemukan dengan volume air yang tersaring (Masura, 2015)

$$Kelimpahan\ Mikroplastik = \frac{Jumlah\ partikel\ mikroplastik\ (partikel)}{Volume\ air\ tersaring\ (mL)}$$

3.4.2 Pengujian FTIR (Polimer)

Partikel mikroplastik diamati kelimpahan dan bentuknya menggunakan mikroskop stereo lalu dianalisis jenis polimernya dengan alat FTIR. FTIR mampu memancarkan sinar *infrared* yang akan diserap oleh polimer plastik dan dipancarkan kembali dalam bentuk spektrum. Spektrum ini nantinya dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis polimer plastik berdasarkan referensi

(Baalkhuyur dkk., 2018). Hasil dari uji FTIR yang berupa CSV *file* digunakan untuk melihat dan mengindentifikasi material dari peak spektrum sampel yang sudah diuji FTIR dengan peak *library* spektrum yang tersedia. Proses analisa data yang meliputi pengamatan bentuk dan warna mikroplastik dengan uji mikroskop dan pengujian karakteristik kimia dari sampel pada kertas saring dengan instrumen Spektofotometri FT-IR . Melalui kedua proses analisa tersebut maka dapat diklasifikasikan mikroplastik yang terkandung dalam sampel berdasarkan jumlah, bentuk, warna, dan karakteristik kimianya dengan cara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik.

3.4.3 Metode Statistik yang Digunakan

Metode korelasi adalah teknik statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara variabel, membantu peneliti memahami seberapa kuat perubahan pada satu variabel berkaitan dengan perubahan pada variabel lain.

3.4.3.1 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah cabang ilmu statistika yang berfokus pada pengumpulan, penyusunan, dan penyajian data untuk memberikan gambaran umum tentang suatu fenomena atau keadaan. Tujuannya adalah untuk merangkum dan menampilkan data dalam bentuk yang mudah dipahami, sehingga informasi yang dihasilkan lebih lengkap dan jelas. Metode ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik data berdasarkan sampel atau populasi, tanpa membuat inferensi atau kesimpulan lebih lanjut. Statistik deskriptif biasanya disajikan dalam bentuk ukuran pemusatan data, seperti rata-rata (mean), serta dapat divisualisasikan melalui diagram pareto dan tabel untuk memperjelas penyajian data.

3.4.3.2 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah data sebaran tersebut berdistribusi secara normal ata tidak.5 Kriteria pengujian normalitas data adalah jika nilai

signifikansi kurang dari 0,05 maka data tidak terdistribusi normal, sebaliknya jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka data terdistribusi normal.

3.4.3.2 Korelasi

Terdapat banyak jenis uji korelasi namun yang paling umum digunakan adalah korelasi Pearson dan Spearman. Korelasi Pearson mengukur hubungan linear antara dua variabel berangka dan cocok digunakan jika data berdistribusi normal. Sebaliknya, korelasi Spearman mengukur hubungan monotonik tanpa memerlukan hubungan linear dan dapat digunakan untuk data yang tidak berdistribusi normal atau ordinal.

Korelasi Pearson adalah salah satu yang paling umum digunakan, terutama ketika variabel yang dianalisis bersifat kontinu dan memiliki distribusi normal. Dilihat dari data yang ditemukan pada penelitian ini, korelasi Pearson leih cocok digunakan daripada Spearman. Korelasi Pearson menghitung koefisien yang menunjukkan sejauh mana dua variabel berkaitan secara linear, dengan nilai berkisar antara -1 hingga +1. Nilai positif menunjukkan korelasi langsung, sementara nilai negatif menunjukkan korelasi berlawanan, dan nilai mendekati nol menunjukkan tidak adanya korelasi yang signifikan (Schober et al., 2018). Metode Pearson dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya untuk secara akurat mengukur hubungan linear antara variabel-variabel seperti jarak sumur dari sungai, kedalaman dan umur sumur dengan tingkat mikroplastik yang terdeteksi (Ratner, 2021). Analisis korelasi Pearson dilakukan menggunakan aplikasi SPSS, yang merupakan perangkat lunak statistik yang sering digunakan untuk analisis data.

Rumus korelasi Pearson:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}}$$

r = nilai korelasi

x = variabel x

y = variabel y

Kekuatan hubungan korelasi (Sig), menurut Jonathan Sarwono (2006) sebagai berikut :

- 0 : Tidak ada korelasi
- 0.00 - 0.25 : korelasi sangat lemah
- 0.25 - 0.50 : korelasi cukup
- 0.50 - 0.75 : korleasi kuat
- 0.75 - 0.99 : korelasi sangat kuat
- 1 : korelasi sempurna

3.4.3.2 Uji T-Independen

Uji t sampel independen atau uji t dua sampel, adalah uji statistik yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua kelompok independen untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara keduanya. Uji ini mengasumsikan bahwa kedua kelompok yang dibandingkan adalah independen, data dalam setiap kelompok terdistribusi normal, dan varians dari kedua kelompok adalah sama (homogenitas varians). Uji ini memerlukan data kontinu yang diukur pada skala interval atau rasio. Hipotesis nol (H0) menyatakan bahwa rata-rata dari kedua kelompok adalah sama (tidak ada perbedaan), sementara hipotesis alternatif (Ha) menyatakan bahwa rata-rata dari kedua kelompok tidak sama (terdapat perbedaan signifikan). Jika nilai p kurang dari tingkat signifikansi (misalnya, 0,05), ini dapat menolak hipotesis nol. Perbedaan antara kedua rata-rata tersebut adalah signifikan secara statistik. Ini memberikan bukti yang cukup kuat untuk menyimpulkan bahwa kedua rata-rata populasi tidak sama. Uji t-independen sering digunakan dalam penelitian eksperimental untuk membandingkan efek dari berbagai perlakuan atau kondisi pada dua kelompok terpisah, dan merupakan alat penting dalam pengujian hipotesis serta analisis statistik (Field, 2013).

3.4.3.3 Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah metode statistik yang menganalisis hubungan antara satu variabel dependen dan dua atau lebih variabel independen, bertujuan untuk memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel

independen. Untuk memastikan validitas model, beberapa asumsi harus dipenuhi, yaitu: linearitas, yang mengharuskan hubungan antara variabel independen dan dependen bersifat linear; independensi, di mana observasi harus saling independen; homoskedastisitas, yang mengharuskan varians residual konstan di seluruh rentang variabel independen; normalitas, yang menuntut residual terdistribusi normal; dan tidak adanya multikolinearitas, yang berarti variabel independen tidak boleh berkorelasi tinggi satu sama lain. Memenuhi asumsi-asumsi ini penting agar hasil analisis regresi dapat diandalkan dan diinterpretasikan dengan baik. Suyono. (2018). Model regresi linear berganda dilukiskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \alpha + \beta 1\, X2 + \beta 2\, X2 + \beta n\, Xn + e$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat atau variabel response.

X = Variabel bebas atau variabel predictor.

α = Konstanta.

β = Slope atau Koefisien estimate.

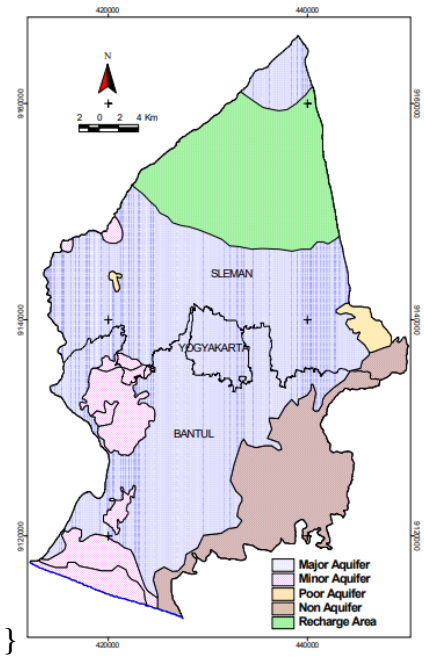
3.4.3.3 Uji Chi Square

Uji chi square atau uji X kuadrat merupakan uji untuk mengerahui hubungan antar variabel yang terdapat pada bari dengna kolom. Jenis data yang digunakan dalam uji chi square berbentuk data nominal atau ordinal. Uji ini merupakan salah satu uji analisis statistik non prameterik. Proses analisis dimulai dengan menentukan tabel kontingensi, yang mengelompokkan data ke dalam kategori yang relevan. Setelah menghitung nilai Chi-Square, nilai tersebut dibandingkan dengan nilai kritis dari distribusi Chi-Square untuk menentukan signifikansi. Jika nilai p yang dihasilkan lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditetapkan, hipotesis nol ditolak, menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara variabel.

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Kondisi Wilayah Pengambilan Sampel

Lokasi penelitian untuk pengambilan sampel dilakukan pada 3 bagian, yaitu Kabupaten Sleman sebagai daerah hulu, Kota Yogyakarta sebagai daerah tengah dan Kabupaten Bantul sebagai daerah hilir. Pada penelitian kali ini, aquifer yang ditemukan diklasifikasikan sebagai akuifer major dimana wilayah dengan akuifer besar dapat menyimpan dan menyediakan air tanah dalam jumlah yang signifikan. Akuifer utama, yang mencakup sebagian besar wilayah Yogyakarta, Sleman, dan sebagian Bantul, adalah sumber air tanah terbesar dan paling penting. Karena volume air yang besar dan interaksi yang kuat dengan permukaan, wilayah ini berpotensi lebih besar terkontaminasi mikroplastik, terutama jika terletak di area perkotaan atau padat penduduk. Aktivitas manusia seperti limbah plastik dan limpasan permukaan yang tidak dikelola dengan baik di area ini bisa dengan mudah mencapai akuifer melalui infiltrasi, terutama di musim hujan.



Gambar 4. 1 Peta Kategori Aquifer Area Studi
(Sumber : Widodo, 2008)

Tabel 4. 1 Deskripsi Kondisi Wilayah Pengambilan Sampel

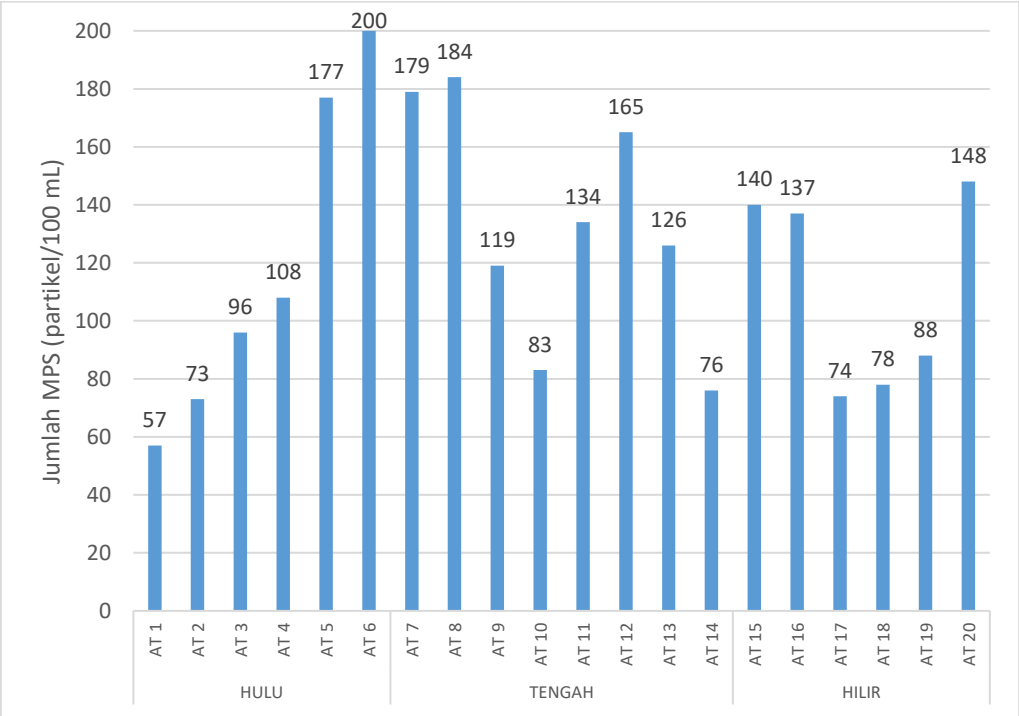
Titik	Koordinat	Deskripsi
AT 1	7°36'57.9" LS 110°24'55.4" BT	• sumur jenis gali tertutup • kedalaman 20 meter • 40 meter dari sungai • Berumur 7 tahun
AT 2	7°39'33" LS 110°24'00" BT	• sumur jenis gali tertutup • kedalaman 10 meter • 420 meter dari sungai • berumur 30 tahun.
AT 3	7°42'59.8" LS 110°23'29.6" BT	• sumur jenis gali tertutup • kedalaman 5 meter • 200 meter dari sungai • Berumur 41 tahun.
AT 4	7°43'18.7" LS 110°23'13.9" BT	• sumur jenis gali tertutup • 170 meter dari sungai, • kedalaman 5 meter • berumur 5 tahun.
AT 5	7°43'57.4" LS 110°23'10.2" BT	• sumur jenis gali tertutup • kedalaman 10 meter • 80 meter dari sungai. • Berumur 25 tahun
AT 6	7°45'40.0" LS 110°22'14.8" BT	• sumur jenis gali tertutup • kedalaman 6 meter • berumur 10 tahun • 40 meter dari sungai.

Titik	Koordinat	Deskripsi
AT 7	7°47'13.3" LS 110°22'06.4" BT	• sumur jenis gali tertutup • kedalaman 7 meter, • berumur 50 tahun dan • 52 meter dari sungai.
AT 8	7°47'34.6" LS 110°22'05.2" BT	• bejenis sumur gali tertutup • kedalaman 20 meter • berumur 4 tahun • 90 meter dari sungai
AT 9	7°47'50.8" LS 110°22'11.5" BT	• sumur gali terbuka • kedalaman 6 meter • berumur 20 tahun. • 10 meter dari sungai.
AT 10	7°47'59.2" LS 110°22'15.4" BT	• sumur bor tertutup • kedalaman 4 meter dan • berumur 4 tahun • 10 meter dari sungai
AT 11	7°48'15.4" LS 110°22'25.3" BT	• sumur gali terbuka • kedalaman 3 meter dan • berumur 40 tahun. • 30 meter dari sungai.
AT 12	7°48'22.6" LS 110°22'26.1" BT	• sumur gali tertutup • kedalaman 5 meter • berumur 15 tahun • 15 meter dari sungai.
AT 13	7°49'06.2" LS 110°22'26.9" BT	• sumur bor tertutup • kedalaman 10 meter • berumur 30 tahun. • 40 meter dari sungai.

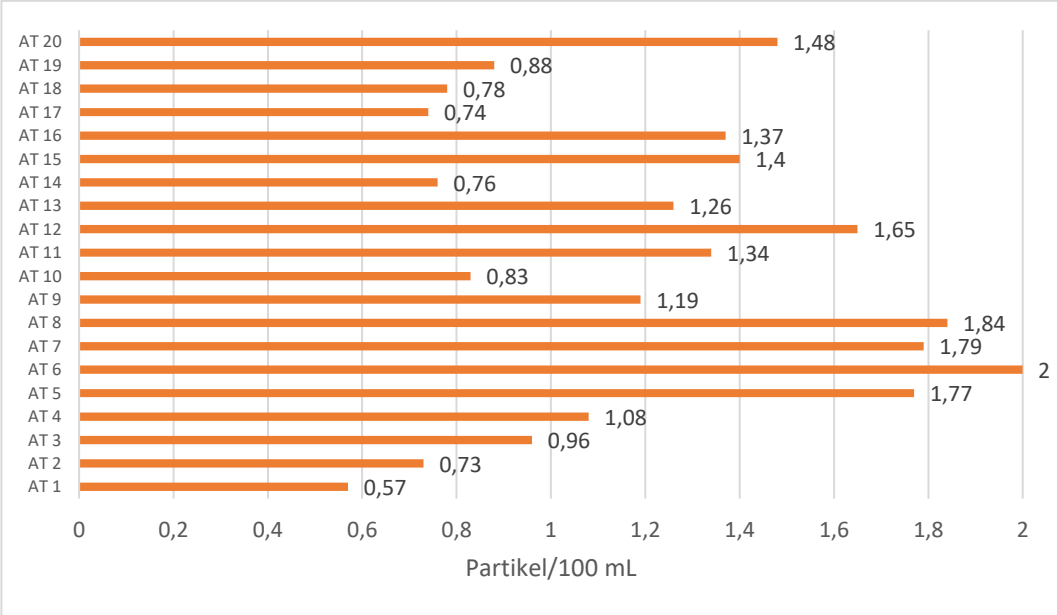
Titik	Koordinat	Deskripsi
AT 14	7°49'39.9" LS 110°22'31.7" BT	• sumur bor tertutup • kedalaman 8 meter • berumur 1 tahun. • 42 meter dari sungai.
AT 15	7°50'16.2" LS 110°22'35.3" BT	• sumur gali terbuka • berkedalaman 7 meter • berumur 1 tahun. • 18 meter dari sungai.
AT 16	7°50'43.3" LS 110°22'34.4" BT	• sumur gali tertutup • kedalaman 12 meter • berumur 26 tahun. • 58 meter dari sungai.
AT 17	7°51'48.0" LS 110°22'38.3" BT	• sumur bor tertutup • kedalaman 10 meter • berumur 4 tahun. • 118 meter dari sungai.
AT 18	7°52'18.4" LS 110°23'09.8" BT	• sumur gali dan terbuka • kedalaman 15 meter • berumur 15 tahun. • 176 meter dari sungai.
AT 19	7°52'35.4" LS 110°22'57.1" BT	• sumur gali tertutup • kedalaman 16 meter • berumur 50 tahun • 80 meter dari sungai.
AT 20	7°53'39.8" LS 110°23'15.1"BT	• sumur gali terbuka dan • kedalaman 10 meter dan • berumur 60 • 60 meter dari sungai

4.2 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jumlah dan Kelimpahan

Setelah melakukan pengamatan dengan mikroskop, mikroplastik yang terlihat akan dihitung dan akan didapatkan hasil kelimpahannya. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk grafik untuk memvisualisasikan data secara lebih jelas dan terstruktur. Dengan menggunakan grafik, pola dan tren yang ada dalam data dapat lebih mudah diidentifikasi dan dianalisis, memungkinkan untuk memahami informasi yang kompleks dengan lebih efisien.



Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Mikroplastik (partikel/100 mL)



Gambar 4. 3 Grafik Kelimpahan Mikroplastik (partikel/100ml)

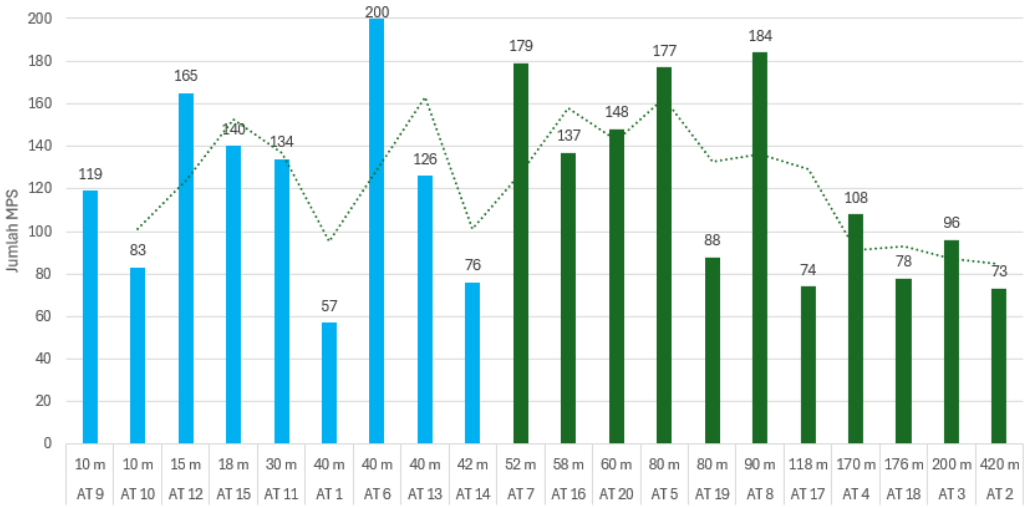
Berdasarkan hasil penelitian, titik sampel AT 6 menunjukkan konsentrasi mikroplastik tertinggi, dengan 200 partikel mikroplastik dan kelimpahan sebesar 2 partikel/100 ml. Sebaliknya, titik sampel AT 1 memiliki konsentrasi terendah, dengan 57 partikel mikroplastik dan kelimpahan 0,57 partikel/100 ml. Nilai rerata kelimpahan mikroplastik adalah 1,22 partikel/100 ml dengan total 2442 mikroplastik ditemukan dalam 12 titik sampling. Di bagian hulu, rata-rata jumlah mikroplastik adalah 118,5 partikel, sementara di bagian tengah terdapat 141,4 partikel, dan di bagian hilir rata-rata jumlahnya adalah 105,9 partikel. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan di antara ketiga bagian tersebut, di mana bagian tengah memiliki konsentrasi mikroplastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian hulu dan hilir. Seiring dengan pergerakan dari hulu ke tengah, jumlah partikel mikroplastik meningkat, menunjukkan adanya akumulasi atau peningkatan kontaminasi di area ini. Namun, ketika mendekati bagian hilir, jumlah mikroplastik cenderung menurun. Penurunan ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor dimana menjauhnya dari sumber kontaminasi mikroplastik, seperti area padat penduduk, industri, atau aktivitas pertanian, jumlah mikroplastik yang masuk ke dalam air tanah berkurang. Kemampuan infiltrasi tanah di setiap wilayah yang dilalui Sungai Code, yang mengalir dari hulu di Sleman hingga hilir di Bantul,

sangat memengaruhi potensi masuknya mikroplastik ke air tanah. Di hulu, tanah vulkanik dengan infiltrasi tinggi mempercepat peresapan mikroplastik ke dalam air tanah. Sementara itu, di tengah Kota Yogyakarta, yang dikenal dengan jumlah mikroplastik yang banyak ditemukan, tanah aluvial memiliki tingkat infiltrasi sedang, sehingga memungkinkan mikroplastik terserap lebih lambat, tetapi dengan konsentrasi yang tinggi. Di hilir, Bantul, infiltrasi tanah aluvial yang lebih rendah mengurangi laju resapan, meskipun mikroplastik masih dapat meresap jika terdapat kandungan pasir (Hidayati, 2020). Hasil penelitian ini menunjukkan variasi signifikan dalam distribusi mikroplastik pada air tanah di berbagai titik sampel dalam suatu daerah. Keterkaitan antara sumur dengan kondisi sekitar sumur dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini;

Tabel 4. 2 Keterkaitan dengan Kepadatan Penduduk

Bagian	**Daerah**	**Kelurahan**	**Kepadatan Penduduk (/km^2)**	**Jumlah Mikroplastik**	**Rerata**
HULU	AT 1	Purwobinangun	713	57	118,5
	AT 2	Candibinangun	1056	73	
	AT 3	Sardonoharjo	2198	96	
	AT 4	Sinduharjo	3146	108	
	AT 5	Sariharjo	3106	177	
	AT 6	Sinduadi	4692	200	
TENGAH	AT 7	Kotabaru	4328	179	141,4
	AT 8	Suryatmajan	16279	184	
	AT 9	Purwokinanti	15845	119	
	AT 10	Purwokinanti	15845	83	
	AT 11	Wirogunan	13261	134	
	AT 12	Prawirodirjan	20318	165	
	AT 13	Brontokusuman	11665	126	
HILIR	AT 14	Bangunharjo	3913	76	105,8
	AT 15	Bangunharjo	3913	140	
	AT 16	Bangunharjo	3913	137	
	AT 17	Timbulharjo	2969	74	
	AT 18	Wonokromo	3399	78	
	AT 19	Trimulyo	2677	88	
	AT 20	Trimulyo	2677	148	

Tabel tersebut menunjukkan distribusi kepadatan penduduk dan jumlah mikroplastik yang ditemukan di berbagai kelurahan yang dibagi menjadi tiga bagian: Hulu, Tengah, dan Hilir. Setiap bagian ini mencakup beberapa kelurahan dengan kepadatan penduduk yang berbeda-beda dan jumlah mikroplastik yang bervariasi. Bagian Hulu memiliki kepadatan penduduk yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan bagian lain, dengan nilai kepadatan berkisar antara 713 hingga 4692 jiwa per km². Jumlah mikroplastik di wilayah ini juga relatif rendah, dengan nilai rata-rata sekitar 118,5 partikel mikroplastik. Bagian Tengah memiliki kepadatan penduduk yang jauh lebih tinggi, dengan nilai mencapai hingga 20318 jiwa per km² di Kelurahan Prawirodirjan. Wilayah ini juga menunjukkan jumlah mikroplastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan Hulu, dengan rata-rata sekitar 141,4 partikel mikroplastik. Bagian Hilir memiliki kepadatan penduduk yang cukup bervariasi, dengan nilai dari 2677 hingga 3399 jiwa per km². Jumlah mikroplastik di bagian ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan bagian Tengah, dengan rata-rata sekitar 105,8 partikel mikroplastik. Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan korelasi antara kepadatan penduduk dan jumlah mikroplastik, di mana daerah dengan kepadatan penduduk yang lebih tinggi cenderung memiliki jumlah mikroplastik yang lebih banyak.



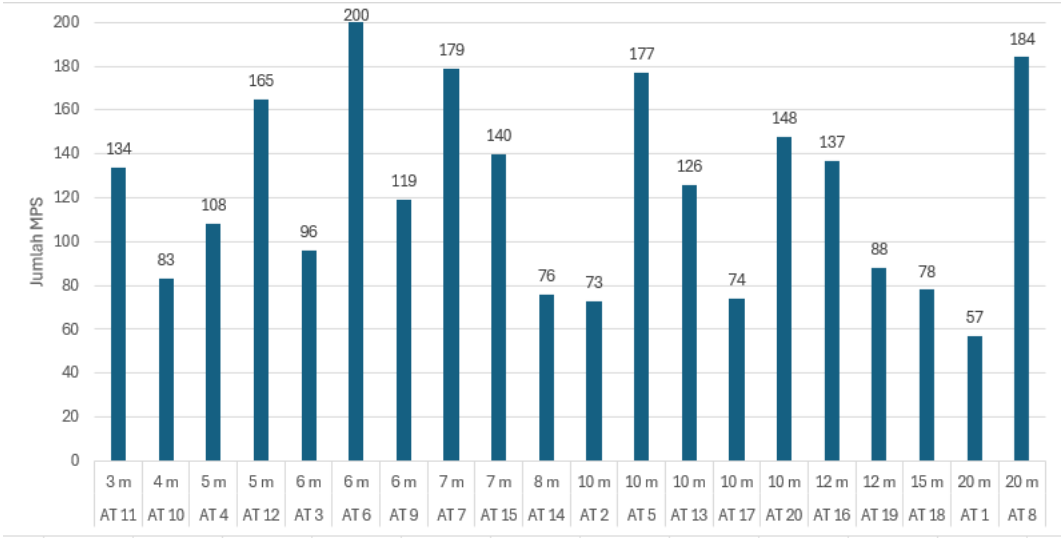
Gambar 4. 4 Keterkaitan dengan Jarak Sungai

Air tanah dan sungai dapat berinteraksi dua arah. Saat tinggi air tanah di akuifer melebihi air sungai, air mengalir dari akuifer ke sungai (efluent), biasanya

terjadi di musim kemarau. Sebaliknya, ketika tinggi air sungai lebih tinggi, air meresap ke akuifer (influent), umum saat musim hujan atau debit sungai meningkat. Interaksi antara air tanah dan sungai yang bersifat dua arah ini juga sangat dipengaruhi oleh jarak sumur dari sungai serta adanya kontaminan seperti mikroplastik. Ketika air sungai yang terkontaminasi mikroplastik meresap ke akuifer, mikroplastik ini dapat terbawa ke dalam lapisan tanah dan ikut mempengaruhi air tanah di sekitar sumur. Walaupun tanah memiliki kemampuan menyaring beberapa partikel, ukuran mikroplastik yang kecil dapat memungkinkan sebagian dari partikel tersebut lolos dan akhirnya mencapai air tanah. Dengan demikian, semakin dekat sumur dengan sungai, semakin besar risiko terjadinya kontaminasi air sumur oleh mikroplastik, terutama jika sungai sering menerima limbah plastik atau aliran air yang tercemar.

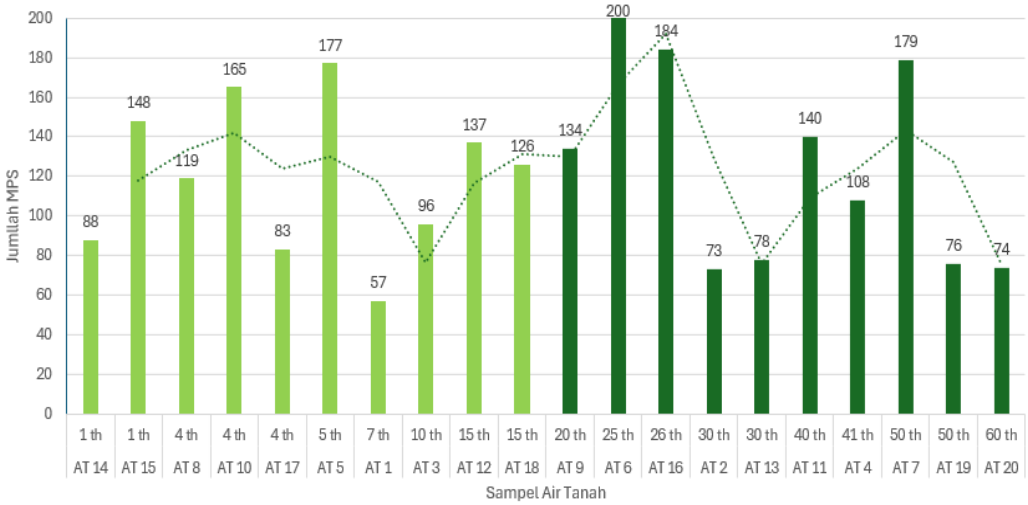
Grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah partikel mikroplastik tidak selalu berkurang seiring dengan peningkatan jarak dari sungai, seperti yang terlihat pada beberapa titik sampel yang memiliki jumlah mikroplastik yang relatif tinggi meskipun jaraknya lebih jauh dari sungai, seperti pada AT 8 dengan 184 partikel pada jarak 90 meter. Dalam penelitian ini, variasi jarak antara sumur dengan sungai terlihat signifikan, mulai dari jarak terdekat 10 meter hingga jarak terjauh 420 meter. Meskipun secara umum diharapkan bahwa jarak yang lebih jauh dari sumber air seperti sungai akan mengurangi kontaminasi mikroplastik, data menunjukkan bahwa faktor lain seperti aliran air bawah tanah dan aktivitas manusia di sekitar area tersebut juga mempengaruhi distribusi mikroplastik di dalam akuifer.

Jika dilihat dari faktor tata guna lahan, titik hulu dengan aktivitas manusia minimal dan lingkungan lebih alami, kelimpahan mikroplastik sedikit karena adanya zona penyangga alami seperti vegetasi yang mengurangi limpasan polutan. Di titik tengah, yang memiliki kepadatan penduduk tinggi dan sumur dekat dengan sungai, mikroplastik paling banyak ditemukan, didorong oleh limpasan dari aktivitas limbah domestik dan kurangnya pengelolaan limbah yang baik. Sedangkan di titik hilir, meskipun penduduk lebih sedikit dibandingkan di tengah, kelimpahan mikroplastik masih ada namun lebih rendah, karena kemungkinan pengaruh limpasan dari wilayah tengah serta proses penyaringan alami di tanah.



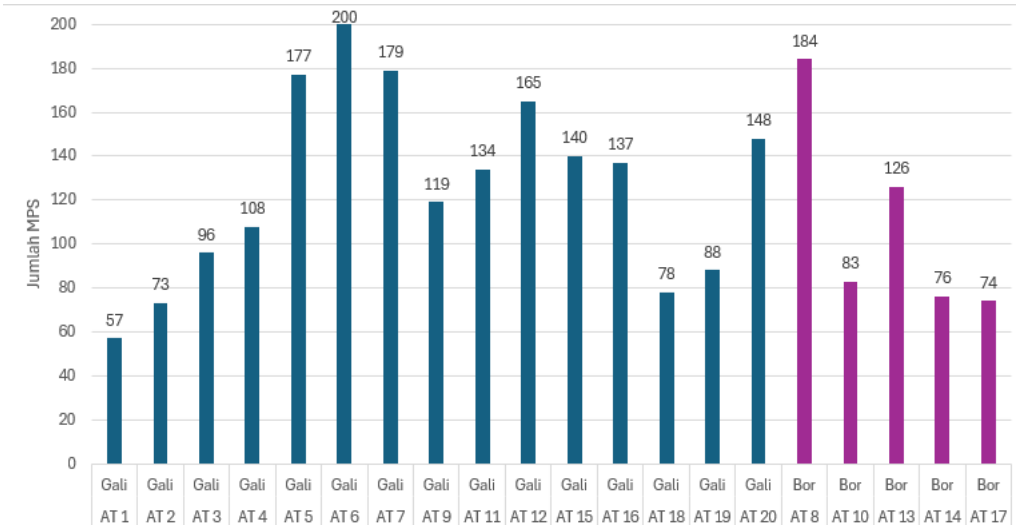
Gambar 4. 5 Keterkaitan dengan Kedalaman Sumur

Dapat kita ketahui bahwa dari semua titik sampling, sumur yang ditemukan mayoritas memiliki akuifer dangkal. Akuifer dangkal biasanya berada pada kedalaman kurang dari 40 meter, umumnya tidak tertekan dan memiliki lapisan permeabel yang memungkinkan air tanah mengalir dengan mudah. Air dari akuifer dangkal seringkali lebih rentan terhadap kontaminasi termasuk kontaminasi mikroplasitk karena kedekatannya dengan permukaan tanah. Asumsi penulis adalah semakin dalam letak sumur, konsentrasi mikroplastik seharusnya berkurang. Hal ini disebabkan karena lapisan tanah yang lebih tebal di sumur dalam dapat berfungsi sebagai penyaring alami, namun dari grafik tersebut kita mengetahui bahwa kedalaman sumur tidak mempengaruhi distribusi dan konsentrasi mikroplastik pada air tanah. Dengan dominasi sampel sumur dangkal, hasilnya mungkin tidak sepenuhnya mewakili kondisi yang lebih luas karena hasil analisis dapat menjadi kurang representatif untuk menggambarkan hubungan yang konsisten antara kedalaman dan distribusi mikroplastik.



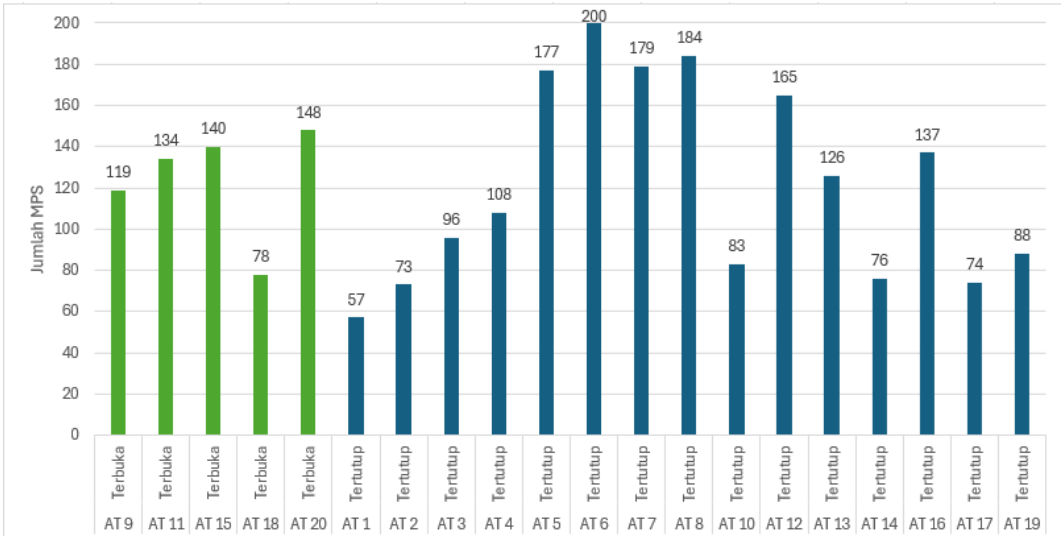
Gambar 4. 6 Keterkaitan dengan Umur Sumur

Berdasarkan hasil grafik, tidak terdapat pola yang menunjukkan korelasi positif antara tingginya umur sumur dan peningkatan kandungan mikroplastik dalam air tanah. Beberapa sumur dengan usia yang lebih tua, seperti sumur yang berumur 25 tahun, memang menunjukkan konsentrasi mikroplastik yang tinggi, dengan jumlah mikroplastik mencapai 200 partikel. Namun, terdapat juga sumur lain dengan usia yang lebih tua, seperti sumur berumur 60 tahun, yang memiliki konsentrasi mikroplastik yang jauh lebih rendah, yaitu 74 partikel. Ini menunjukkan bahwa usia sumur tidak memiliki pengaruh langsung terhadap tingkat konsentrasi mikroplastik. Jika sumber pencemaran mikroplastik tetap ada dan berlangsung secara konsisten dalam waktu yang lama, maka usia sumur tidak akan berperan besar dalam menentukan apakah kandungan mikroplastik akan meningkat atau menurun. ika sumber pencemaran mikroplastik tetap ada dan berlangsung secara konsisten dalam waktu yang lama, maka usia sumur tidak akan berperan besar dalam menentukan apakah kandungan mikroplastik akan meningkat atau menurun. Selain itu, faktor lain seperti letak geografis sumur, kedalaman air tanah, dan aktivitas manusia di sekitar lokasi dapat memainkan peran yang lebih signifikan dalam menentukan variasi konsentrasi mikroplastik. Adanya faktor-faktor ini bisa menyebabkan perbedaan konsentrasi mikroplastik antar sumur meskipun usia sumur serupa, sehingga sulit melihat potensi pengaruh langsung dari umur sumur itu sendiri.



Gambar 4. 7 Keterkaitan dengan Jenis Sumur

Penelitian ini juga mengamati jumlah mikroplastik dengan jenis sumur yang ditemukan, yaitu sumur gali dan sumur bor. Hasil menunjukkan bahwa tipe dengan sumur gali memiliki jumlah mikroplastik yang lebih tinggi daripada sumur bor. Seperti pada sumur gali AT 6 dengan 200 partikel mikroplastik, tertinggi di antara sumur yang lain. Sementara dengan sumur bor, umumnya menunjukkan jumlah mikroplastik yang lebih rendah, dengan contoh sampel AT 17 sebanyak 74 partikel mikroplastik. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa sumur gali cenderung lebih rentan terhadap kontaminasi mikroplastik dibandingkan sumur bor. Struktur sumur gali sering kali memungkinkan air permukaan untuk meresap langsung ke dalam sumur, membawa serta kontaminan seperti mikroplastik. Jika sumur gali tidak memiliki lapisan pelindung yang memadai, infiltrasi mikroplastik dari permukaan akan lebih mungkin terjadi. Namun pada penelitian ini ditemukan sumur bor pada sampel AT 8 memiliki 184 partikel mikroplastik, hal ini bisa disebabkan dengan berbagai faktor seperti sumur bor tidak dibuat dengan standar yang memadai, maka air permukaan yang tercemar mikroplastik dapat menyusup masuk dan mencemari air sumur. Perlu penelitian lebih lanjut dengan melibatkan sumur dengan kedalaman lebih dalam yang sesuai degan kriteria sumur bor, untuk melihat apakah ada pola distribusi mikroplastik yang ada serupa atau berbeda.



Gambar 4. 8 Keterkaitan dengan Penutup Sumur

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan jumlah mikroplastik dalam air tanah pada sumur dengan penutup terbuka dan tertutup. Secara umum, sumur dengan penutup terbuka memiliki jumlah mikroplastik yang bervariasi antara 78 hingga 148 MPS, dengan jumlah yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan sumur tertutup. Sebaliknya, sumur dengan penutup tertutup menunjukkan variasi yang lebih besar, dengan beberapa sumur memiliki jumlah mikroplastik yang sangat tinggi. Sumur tertutup cenderung memiliki jumlah mikroplastik yang lebih tinggi secara keseluruhan dibandingkan dengan sumur terbuka. Faktor yang terjadi bisa dikarenakan rumah atau bangunan sering kali memiliki sistem drainase dan fondasi yang dapat mengarahkan air permukaan, yang berpotensi tercemar mikroplastik, ke dalam lapisan tanah di sekitar sumur. Sementara keadaan konstruksi sumur terbuka lebih terpapar lingkungan luar seperti debu yang membawa mikroplastik.

Untuk membuktikan keterkaitan antara jumlah mikroplastik dengan kepadatan penduduk, jarak dari sungai, kedalaman, serta umur sumur, dilakukanlah metode analisis korelasi menggunakan metode Pearson sesuai yang dijelaskan di subbab 3.4.3. Hasil korelasi dirangkum pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Korelasi Tiap Parameter

Parameter	Hasil Korelasi	Keterangan
Kepadatan Penduduk	Pearson : 0,321 Sig. (*2-tailed*) : 0,167	Positif lemah, tidak signifikan
Jarak Sumur dari Sungai	Pearson : -0,370 Sig. (*2- tailed*) : 0,108	Negatif lemah, tidak signifikan
Kedalaman Sumur	Pearson : -0,329 Sig. (*2- tailed*) : 0,157	Negatif lemah, tidak signifikan
Umur Sumur	Pearson : -0,090 Sig. (*2- tailed*) : 0,705	Negatif sangat lemah, tidak signifikan

Nilai Korelasi Pearson antara kepadatan dan jumlah mikroplastik sebesar 0,321. Ini menunjukkan adanya hubungan positif yang lemah antara kedua variabel tersebut. Dengan kata lain, semakin tinggi kepadatan, cenderung diikuti oleh peningkatan jumlah mikroplastik, meskipun hubungannya tidak terlalu kuat. signifikansi sebesar 0,167, yang berarti nilai ini lebih besar dari batas signifikansi umum 0,05. Artinya, hubungan antara kepadatan dan jumlah mikroplastik tidak signifikan secara statistik. Pada parameter jarak sumur dari sungai, nilai korelasi Pearson adalah sebesar -0,370 menunjukkan adanya korelasi negatif yang lemah antara jarak dari sungai dan jumlah mikroplastik. Artinya, jumlah mikroplastik cenderung menurun seiring bertambahnya jarak dari sungai. Namun, dengan nilai signifikansi 0,108 yang lebih besar dari 0,05, hubungan ini tidak signifikan secara statistik, sehingga tidak ada bukti kuat bahwa jarak dari sungai secara signifikan mempengaruhi jumlah mikroplastik di sumur. Selanjutnya, hasil uji korelasi Pearson untuk kedalaman sumur menunjukkan nilai korelasi sebesar -0,329 dengan signifikansi sebesar 0,157, mengindikasikan adanya hubungan negatif yang lemah antara kedalaman sumur dan jumlah mikroplastik. Meskipun hubungan ini menunjukkan bahwa semakin dalam sumur, jumlah mikroplastik cenderung semakin sedikit, hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, tidak ada bukti kuat untuk menyatakan bahwa kedalaman sumur secara signifikan mempengaruhi jumlah mikroplastik di dalamnya. Hasil uji korelasi

Pearson pada umur sumur menunjukkan koefisien korelasi sebesar -0,090 antara umur sumur dan jumlah mikroplastik, yang mengindikasikan adanya korelasi negatif yang sangat lemah. Meskipun jumlah mikroplastik sedikit berkurang seiring bertambahnya umur sumur, hubungan ini hampir tidak signifikan. Nilai signifikansi sebesar 0,705 yang jauh lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa korelasi tersebut tidak signifikan secara statistik, sehingga umur sumur tidak mempengaruhi jumlah mikroplastik dalam air tanah secara signifikan. Untuk jenis sumur dan penutup sumur, menggunakan uji T independen. Hasilnya adalah 0,438 untuk jenis sumur dan 0,923 untuk penutup sumur Jika nilai signifikansi lebih dari 0,05, maka hipotesis nol (H0) diterima dan hipotesis alternatif (Ha) ditolak, yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan signifikan antara jenis sumur atau penutup sumur dan kelimpahan mikroplastik. Hasil uji korelasi yang tidak signifikan berarti tidak ada bukti cukup untuk menunjukkan bahwa ada hubungan nyata antara dua variabel yang diuji. Ini bisa berarti bahwa meskipun ada pola tertentu dalam data, hubungan tersebut tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan. Ada beberapa alasan mengapa hubungan bisa tampak ada tetapi tidak signifikan: pertama, mungkin ada faktor lain yang memengaruhi hubungan tersebut yang tidak diukur. Kedua, jika ukuran sampel kecil, hasilnya bisa kurang kuat sehingga hubungan yang sebenarnya tidak terdeteksi. Ketiga, hubungan tersebut mungkin bersifat acak, di mana variasi alami dalam data menyebabkan hasil yang terlihat berhubungan, tetapi tidak cukup kuat untuk dianggap signifikan secara statistik. Jadi, hasil yang tidak signifikan tidak berarti tidak ada hubungan sama sekali, tetapi menunjukkan bahwa bukti untuk hubungan tersebut tidak cukup kuat.

Untuk mengetahui lebih baik apakah tiap parameter memiliki pengaruh terhadap jumah mikroplastik, peneliti telah menguji dengan metode regresi linear berganda. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Regresi Linear Berganda

Y (Jumlah mikropalstik) sebagai Dependent Variable	Hasil
X1 (Jarak Ke Sungai)	Sig. 1 Tailed : 0.054
X2 (Kedalaman Sumur)	Sig. 1 Tailed : 0.256
X3 (Umur Sumur)	Sig. 1 Tailed : 0.209
X4 (Kepadatan Penduduk)	Sig. 1 Tailed : 0.084

Regresi linear berganda digunakan karena penelitian ini melibatkan lebih dari satu variabel independen yang mungkin mempengaruhi variabel dependen Y (kelimpahan mikroplastik). Dalam hal ini, X1 (jarak air tanah dari sungai), X2 (kedalaman sumur), X3 (umur sumur), dan X4 (kepadatan penduduk) semuanya berpotensi memberikan kontribusi terhadap variasi kelimpahan mikroplastik. Regresi linear berganda memungkinkan kita untuk menganalisis pengaruh semua faktor ini secara bersamaan. Tidak ada hubungan yang signifikan antara Y dan keempat variabel independen X1, X2, X3, dan X4 pada tingkat kepercayaan 95%. Namun, variabel X1 dan X4 mendekati signifikansi, jadi bisa dianggap hampir memiliki pengaruh pada variabel Y, yaitu artinya semakin jauh jarak air tanah dari sungai, cenderung semakin rendah kelimpahan mikroplastik. Nilai signifikansi mendekati 0.05 (0.054), menunjukkan bahwa hubungan ini hampir signifikan dan variabel X4 mengindikasi daerah dengan kepadatan penduduk yang lebih tinggi memiliki kelimpahan mikroplastik cenderung lebih tinggi. Walaupun hubungan ini hampir signifikan (0.084), hal ini mungkin menunjukkan bahwa aktivitas manusia yang lebih padat berkontribusi terhadap kontaminasi mikroplastik. Namun perlu diingat bahwa mennggunakan regresi linear berganda harus memenuhi asumsi-asumsi yang ada. Jika salah satu asumsi dilanggar, hasil analisis dapat menjadi tidak akurat dan tidak dapat diinterpretasikan dengan baik. Peneliti melakukan uji asumsi yaitu uji linearitas dimana jika nilainya < 0,05 maka bersifat linear sehingga dapat disimpulkan memenuhi syarat linearitas. Hasil yang didapatkan adalah semua variabel indenpendent memiliki nilai > 0,05 yang berarti data tidak linear dan tidak memenuhi syarat, maka uji regresi linear berganda pada penelitian ini masih diperlukan analisis lebih lanjut.

Selanjutnya untuk parameter jenis dan penutup sumur, peneliti menggunakan Uji Chi-Square dimana Uji Chi-Square adalah metode statistik yang digunakan untuk menguji hubungan antara dua variabel kategorikal. Hasil pengujian Chi-Square dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Uji Chi-Square

Variabel	Hasil
Jenis Sumur (Bor/Gali)	Exact Sig: 0,347
Penutup Sumur (Tertutup/Terbuka)	Exact Sig: 0,603

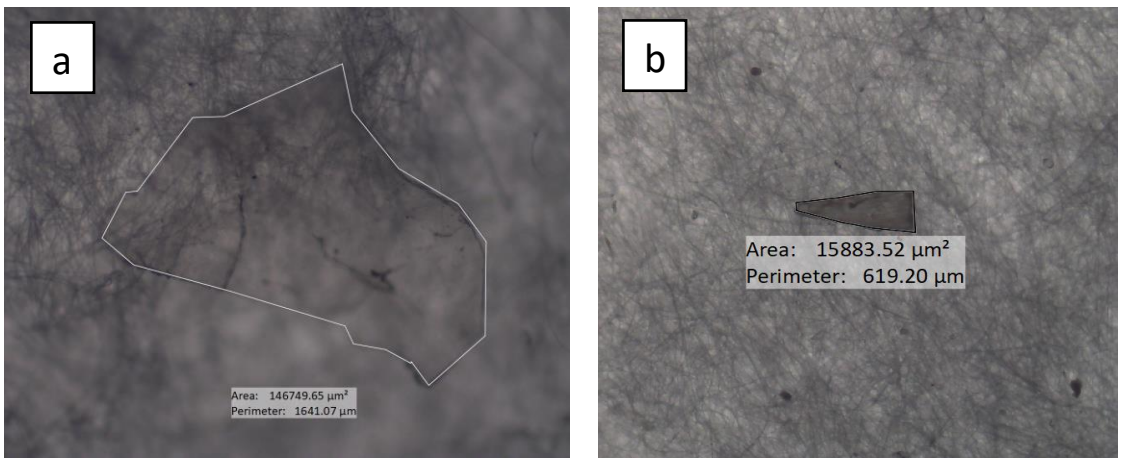
Uji Chi-Square sangat tepat digunakan untuk menguji hubungan antara jumlah mikroplastik antara jenis dan penutup sumur karena data yang digunakan bersifat kategorikal. Uji ini tidak memerlukan asumsi distribusi normal, sehingga cocok untuk data non-parametrik. Selain itu, Chi-Square mengukur hubungan frekuensi antara kategori, sehingga dapat mengidentifikasi apakah ada perbedaan signifikan dalam jumlah mikroplastik berdasarkan jenis serta penutup sumur. Dari hasil uji Chi-Square, dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara jumlah mikroplastik dengan jenis sumur (bor/gali) maupun kondisi penutup sumur (tertutup atau terbuka) pada tingkat signifikansi 5% ($p > 0.05$). Dengan demikian, tidak terbukti secara statistik jenis dan penutup sumur mempengaruhi jumlah mikroplastik yang terdeteksi.

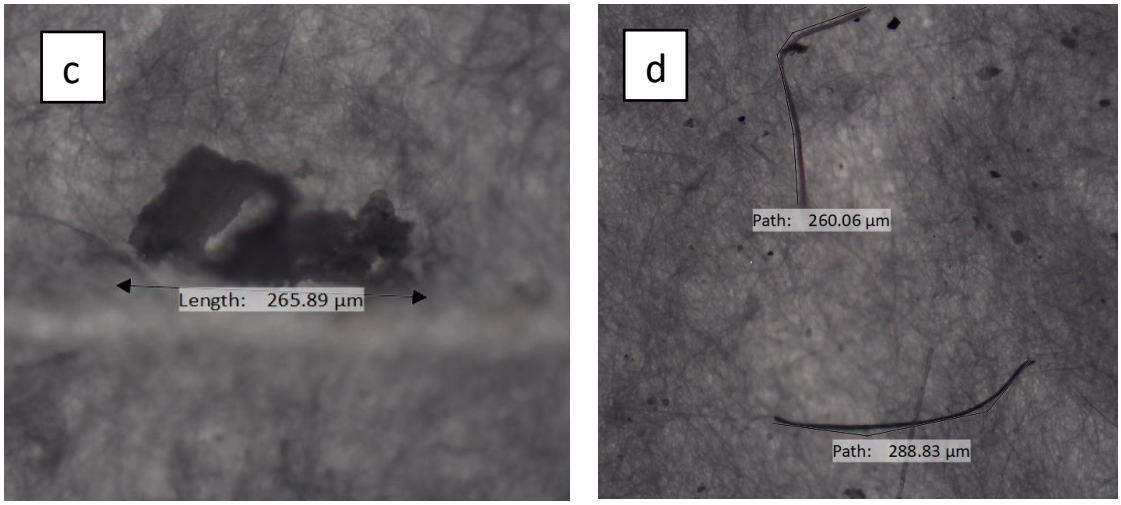
Kelimpahan mikroplastik dalam air tanah telah menjadi perhatian serius, sebagaimana dicatat oleh Rochman et al. (2015), yang menunjukkan bahwa polusi plastik telah meluas ke berbagai ekosistem, bahkan termasuk air tanah. Keberadaan mikroplastik ini membawa dampak negatif terhadap lingkungan, di mana Koelmans et al. (2019) menyoroti bahwa mikroplastik dapat mengganggu ekosistem air melalui bioakumulasi dan potensi toksisitas yang membahayakan organisme akuatik. Dampaknya tidak hanya terbatas pada lingkungan, tetapi juga pada kesehatan manusia. Wright and Kelly (2017) mencatat bahwa mikroplastik yang masuk ke rantai makanan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, seperti gangguan sistem pencernaan. Untuk mencegah bahaya ini, laporan dari UN Environment Programme (2018) merekomendasikan pengurangan penggunaan

plastik sekali pakai dan peningkatan pengelolaan limbah sebagai langkah preventif yang penting dalam mengurangi pencemaran mikroplastik di lingkungan. Penelitian tentang mikroplastik pada air tanah di Indonesia memang membutuhkan penelitian lebih lanjut. Meskipun kesadaran akan polusi mikroplastik telah meningkat, data spesifik mengenai keberadaan, distribusi, dan dampaknya di berbagai wilayah Indonesia masih terbatas. Kondisi geografis Indonesia yang luas dan beragam, dengan banyaknya sumber air tanah yang digunakan oleh masyarakat, memerlukan studi yang lebih mendalam untuk memahami sejauh mana kontaminasi mikroplastik terjadi. Selain itu, berbagai faktor lokal seperti intensitas penggunaan plastik, sistem pengelolaan limbah, dan karakteristik geologi dapat mempengaruhi tingkat pencemaran mikroplastik di air tanah. Penelitian lebih lanjut akan sangat penting untuk mengidentifikasi sumber pencemaran, menilai risiko terhadap kesehatan masyarakat, serta merumuskan strategi mitigasi yang efektif dan sesuai dengan konteks daerah di Indonesia.

4.3 Identifikasi Mikroplastik Berdasarkan Jenis dan Warna

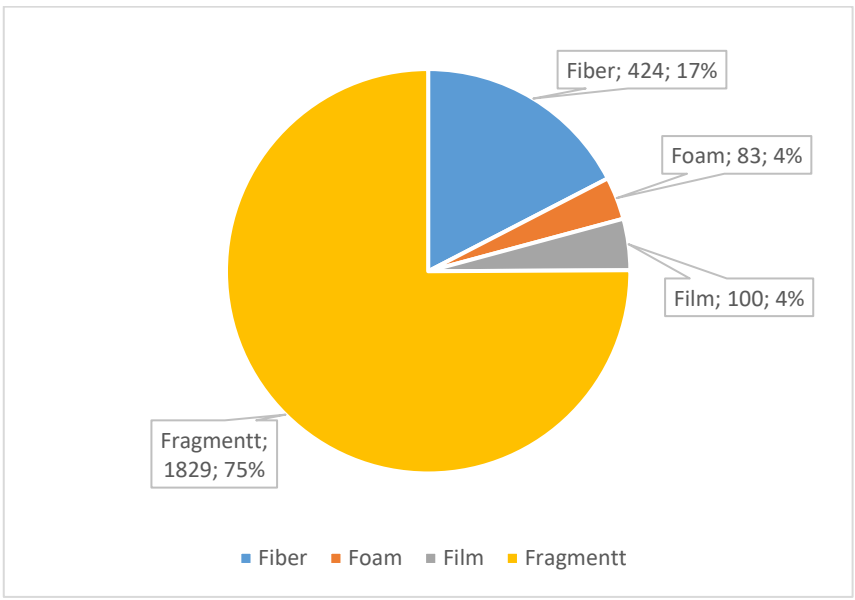
Hasil pengamatan terhadap mikroplastik di air tanah di sekitar Sungai Code menunjukkan bahwa terdapat empat jenis mikroplastik yang teridentifikasi, yaitu fiber, foam, fragment, dan film. Klasifikasi jenis mikroplastik telah dijelaskan pada Tabel 2.1. Gambar di bawah ini memperlihatkan masing-masing jenis mikroplastik sebagaimana terlihat melalui uji mikroskop;





Gambar 4. 9 Bentuk Mikroplastik yang Ditemukan
(a) Film, (b) Fragment, (c) Foam, (d) Fiber

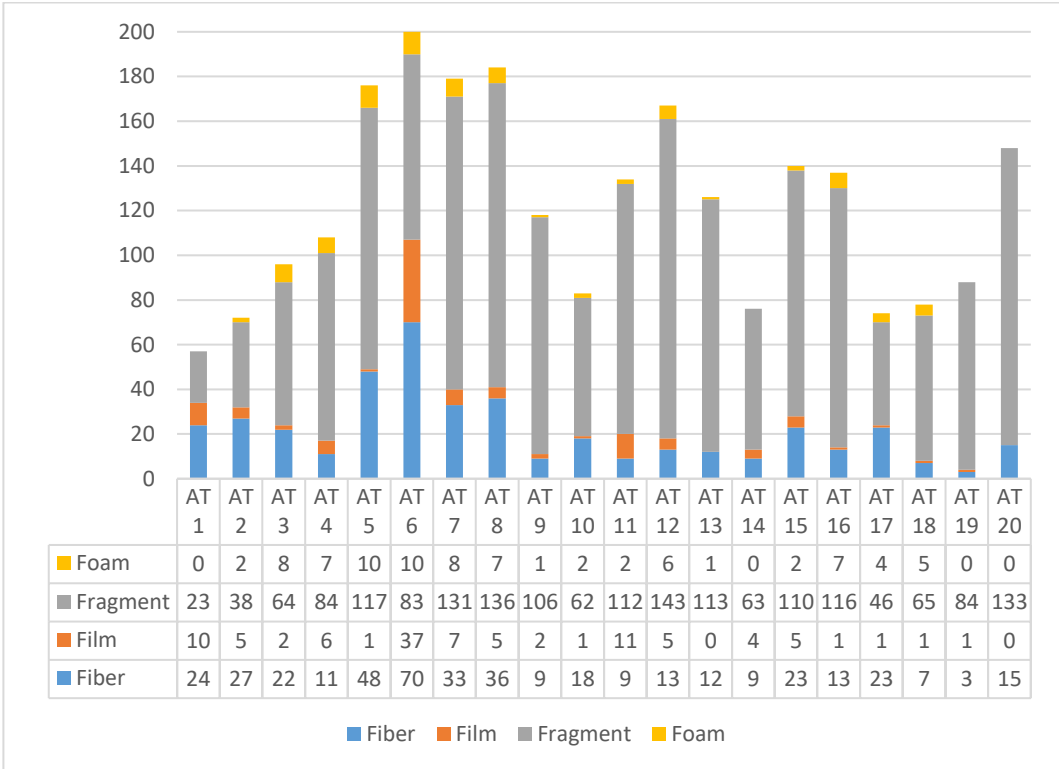
Hasil pengamatan bentuk mikroplastik menunjukkan variasi yang signifikan dalam jumlah partikel berdasarkan jenisnya. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai distribusi jenis mikroplastik, dapat dilihat pada gambar grafik 4.9 berikut:



Gambar 4. 10 Grafik Jumlah Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Hasil pengamatan bentuk mikroplastik menunjukkan variasi yang signifikan dalam jenis mikroplastik yang terdeteksi. Berdasarkan data, jenis mikroplastik yang paling dominan adalah fragment, dengan total 1.829 partikel

(75%). Menurut Blettler dkk. (2020), pecahan plastik dari barang-barang yang lebih besar adalah sumber utama kontaminasi. Fiber menempati urutan berikutnya dengan 424 partikel (17%). Zhu dkk. (2021) dan Ramadhani (2019) mengindikasikan bahwa fiber sering kali berasal dari tekstil sintetis dan berbagai jenis tali, seperti jala, pancing, dan jaring. Film tercatat sebanyak 100 partikel (4%), yang umumnya berasal dari kemasan plastik dan kantong, sebagaimana dilaporkan oleh Liu dkk. (2021). Terakhir, foam ditemukan dalam jumlah 83 partikel (4%), yang berasal dari bahan seperti polistirena yang sering digunakan dalam kemasan makanan dan minuman (Fadare dkk., 2021).



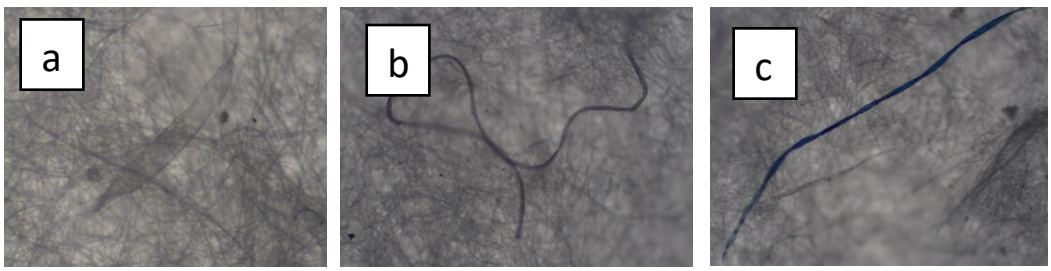
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6	AT 7	AT 8	AT 9	AT 10	AT 11	AT 12	AT 13	AT 14	AT 15	AT 16	AT 17	AT 18	AT 19	AT 20
Foam	0	2	8	7	10	10	8	7	1	2	2	6	1	0	2	7	4	5	0	0
Fragment	23	38	64	84	117	83	131	136	106	62	112	143	113	63	110	116	46	65	84	133
Film	10	5	2	6	1	37	7	5	2	1	11	5	0	4	5	1	1	1	1	0
Fiber	24	27	22	11	48	70	33	36	9	18	9	13	12	9	23	13	23	7	3	15

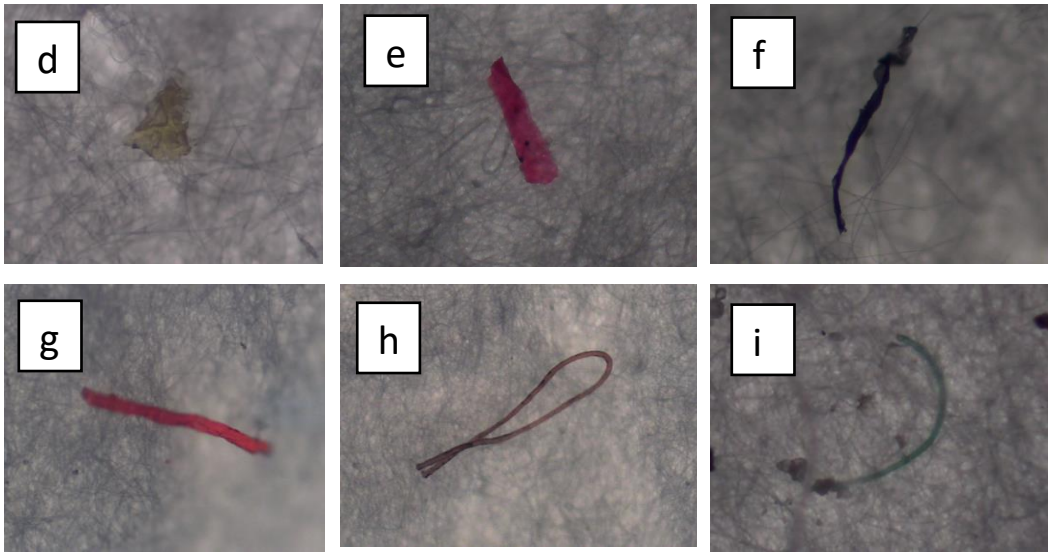
Gambar 4. 11 Grafik Jumlah Mikroplastik Tiap Titik Berdasarkan Bentuk

Setiap batang pada grafik mewakili jumlah total material yang ditemukan di setiap titik. Fragment, yang ditunjukkan dengan batang abu, adalah material yang paling dominan di hampir semua titik, dengan jumlah tertinggi tercatat di AT 8 (136). Fiber, ditandai dengan warna biru, juga ditemukan di sebagian besar titik, dengan jumlah tertinggi pada AT6 (70). Film, yang ditandai dengan warna oranye, ditemukan dalam jumlah yang lebih rendah tetapi merata di beberapa titik, dengan

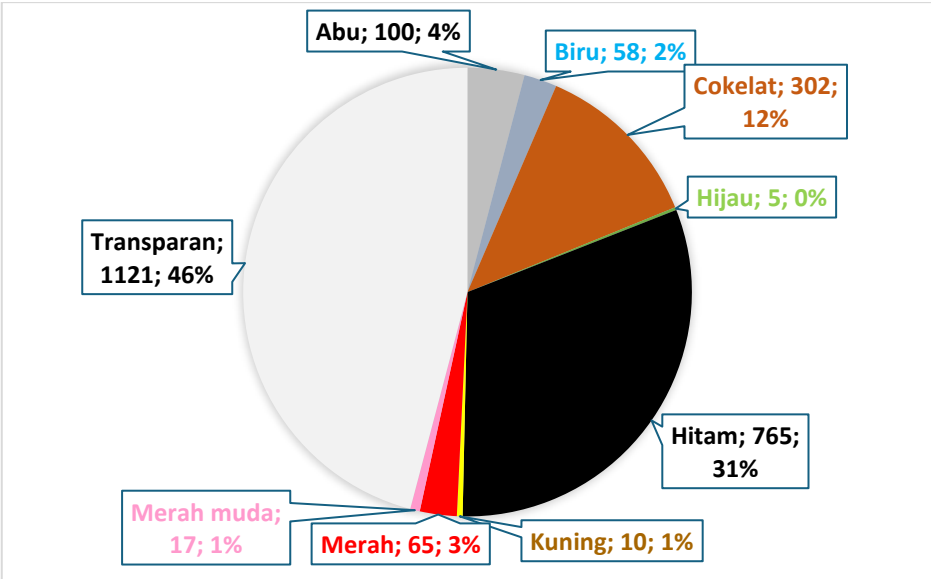
puncaknya di AT 1 (10) Sementara itu, Foam, yang ditandai dengan warna kuning, adalah material yang paling jarang ditemukan dan hanya muncul di beberapa titik seperti AT 5 (10). Secara keseluruhan, AT 6 dan AT 8 memiliki jumlah total material tertinggi, didominasi oleh Fragment, sementara AT 1 dan AT 2 menunjukkan jumlah total material yang lebih rendah, meskipun Fragment tetap menjadi jenis yang paling banyak. Grafik ini mengindikasikan bahwa Fragment adalah jenis material yang paling umum di lingkungan tersebut, dengan diikuti jenis fiber sebagai kedua paling banyak.

Selain identifikasi mikroplastik berdasarkan bentuk dilakukan juga identifikasi mikroplastik berdasarkan warna yang ditemukan dari hasil pengamatan mikroskop. Mikroplastik dapat berwarna karena berbagai alasan terkait dengan komposisi dan penggunaan bahan plastik. Banyak mikroplastik yang berasal dari produk plastik berwarna, seperti botol minuman, kemasan, atau barang-barang rumah tangga yang dicat atau diwarnai selama proses manufaktur. Warna pada plastik ini biasanya berasal dari pewarna dan pigmen yang ditambahkan untuk meningkatkan daya tarik visual atau untuk membedakan produk (Andrady, 2011). Selain itu, proses pelapukan dan paparan terhadap sinar UV juga dapat menyebabkan perubahan warna pada mikroplastik seiring waktu, karena reaksi kimia dan degradasi bahan plastik itu sendiri (Barnes et al., 2009). Adapun warna mikroplastik yang diperoleh dari penelitian ini berdasarkan hasil pengamatan mikroskop;





Gambar 4. 12 Warna Mikroplastik yang Ditemukan
(a) Transparan, (b) Abu, (c) Biru, (d) Kuning, (e) Merah Muda, (f) Hitam, (g) Merah, (h) Cokelat. (i) Hijau



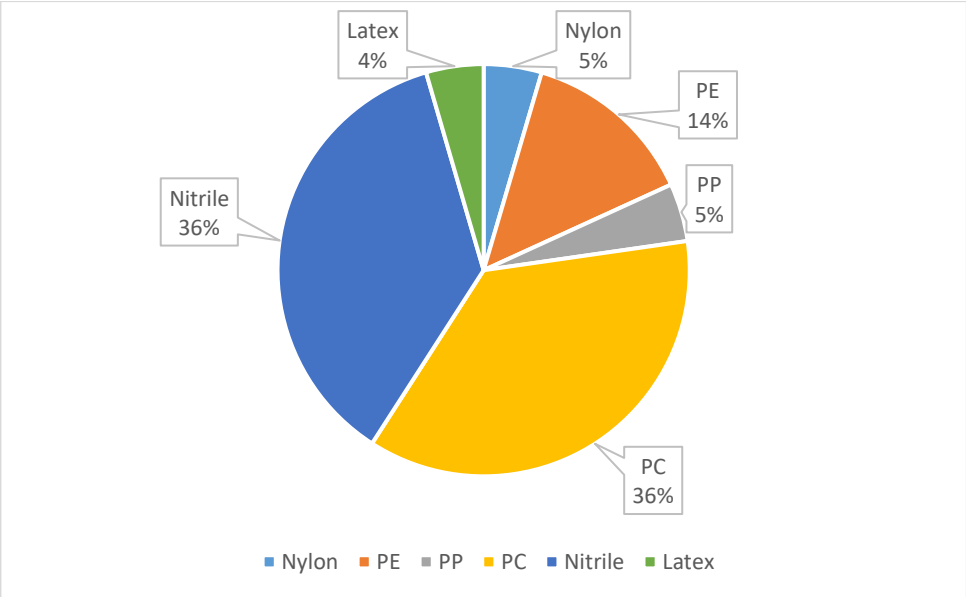
Gambar 4. 13 Persentase Warna Mikroplastik

Diagram ini mengilustrasikan proporsi berbagai warna mikroplastik dalam total sampel yang dianalisis. Warna transparan merupakan yang paling dominan, mencakup 46% dari total mikroplastik dengan jumlah 1121 partikel. Ini diikuti oleh mikroplastik berwarna hitam yang mencakup 31% atau sebanyak 765 partikel. Warna cokelat berada di urutan ketiga dengan persentase 12% atau 302 partikel. Warna abu menyumbang 4% dengan 100 partikel, sementara warna merah

menyumbang 3% atau 65 partikel. Warna kuning juga ditemukan, meskipun dalam jumlah yang lebih kecil, yaitu 10 partikel atau 1% dari total. Warna biru hanya menyumbang 2% dengan 58 partikel, dan merah muda memiliki jumlah yang sangat kecil yaitu 17 partikel atau 1%. Warna hijau memiliki persentase terkecil dengan hanya 0% atau 5 partikel. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa mikroplastik dengan warna transparan dan hitam sangat mendominasi dalam sampel yang dianalisis, sementara warna-warna lain muncul dalam jumlah yang jauh lebih kecil.

4.4 Identifikasi Polimer Mikroplastik Menggunakan FTIR

Identifikasi gugus kimia pada mikroplastik dilakukan menggunakan instrumen Spektrofotometri FT-IR, Instrumen ini digunakan untuk menentukan gugus kimia mikroplastik dalam sampel uji. Penjelasan lebih lanjut terkait FTIR telah dijelaskan pada subbab 3.4.2. Berikut adalah hasil uji Spektrofotometri FT-IR pada 10 perwakilan sampel air tanah;



Gambar 4. 14 Polimer yang Teridentifikasi pada Mikropalstik

Senyawa nitrile dan polycarbonate (PC) mendominasi komposisi sampel, dengan masing-masing menyumbang 36%. Nitrile, sering digunakan dalam pembuatan sarung tangan karet sintetis, gasket, dan produk industri lainnya,. (Shon,

dkk. 2021) Polycarbonate (PC), yang dikenal karena kekuatan dan ketahanannya terhadap benturan, umumnya ditemukan dalam produk seperti botol air, pelindung kepala, dan bahan elektronik (Liu, dkk. 2020). Senyawa polyethylene (PE) menyumbang 14% dari total sampel, dimana menurut Andrady, A. L. (2017) bisa berasal dari berbagai produk plastik sekali pakai seperti kantong belanja, botol, dan pembungkus makanan. Nylon, yang mencakup 5% dari sampel, menurut Boucher, J., & Friot, D. (2017) nylon sering ditemukan dalam serat tekstil, tali, dan komponen otomotif, menunjukkan bahwa serat tekstil atau komponen industri lainnya mungkin telah terdegradasi menjadi mikroplastik dalam lingkungan ini. Polypropylene (PP) juga mengambil bagian 5% dari sampel, dan kemungkinan besar berasal dari produk-produk seperti tutup botol, sedotan plastik, dan berbagai kemasan makanan. (Prata, dkk. 2020) terakhir, latex, yang mencakup 4% dari komposisi, mungkin berasal dari produk-produk seperti sarung tangan medis atau balon yang telah terdegradasi dalam lingkungan (Rist, S., & Hartmann, 2018).

Perbedaan polimer plastik yang ditemukan dari pembacaan FT-IR disebabkan oleh beberapa hal seperti metode ekstraksi mikroplastik yang berbeda, kemampuan dan ketepatan FT-IR dalam membaca polimer plastik. Meskipun FT-IR adalah alat yang kuat untuk mengidentifikasi jenis polimer dalam sampel, ada sejumlah faktor yang dapat menyebabkan hasil FTIR tidak relevan atau menyesatkan, terutama dalam konteks analisis mikroplastik di air sumur. Kontaminasi, keterbatasan deteksi, dan potensi salah identifikasi menjadi alasan utama mengapa hasil ini mungkin tidak selalu mencerminkan situasi sebenarnya. FTIR memerlukan jumlah material yang cukup untuk menghasilkan sinyal yang dapat diukur. Jika partikel mikroplastik terlalu kecil, jumlah material mungkin tidak cukup untuk menghasilkan sinyal yang kuat atau jelas, sehingga FTIR mungkin tidak dapat mendeteksi keberadaannya dengan baik. Sangat mungkin alat FT-IR dapat salah mengidentifikasi komponen kimia yang ada dalam kertas saring sebagai mikroplastik. Ini terutama terjadi jika mikroplastik yang ada dalam sampel memiliki spektrum yang sangat mirip dengan komponen kertas saring.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil peneliti yang dilakukan dengna menguji 20 sampel air tanah pada sumur di sekitar sungai Code pada 3 bagian (hulu, tengah, hilir), maka dapat diperoleh kesimpulan :

1. Jumlah kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada sampel paling banyak ditemukan di titik AT 6 dengan 200 partikel mikroplastik dan kelimpahan sebesar 2 partikel/100 ml. Lalu, titik sampel AT 1 memiliki konsentrasi terendah, dengan 57 partikel mikroplastik dan kelimpahan 0,57 partikel/100 ml. Di bagian hulu, rata-rata jumlah mikroplastik adalah 118,5 partikel, sementara di bagian tengah terdapat 141,4 partikel, dan di bagian hilir rata-rata jumlahnya adalah 105,9 partikel.
2. Terdapat 4 jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu jenis fragment, film, fiber, dan foam. Dengan bentuk dominan adalah fragment sebanyak 1829 partikel (75%), diikuti dengan fiber sebanyak 424 partikel (17%), film sebanyak 100 partikel (4%), dan terakhir foam ditemukan dalam jumlah 83 partikel (4%)
3. Warna transparan mendominasi mikroplastik yang ditemukan, mencakup 46% (1.121 partikel), diikuti warna hitam 31% (765 partikel), dan cokelat 12% (302 partikel). Warna abu-abu menyumbang 4% (100 partikel), merah 3% (65 partikel), biru 2% (58 partikel), sementara kuning, merah muda, dan hijau masing-masing kurang dari 1%, dengan jumlah 10, 17, dan 5 partikel.
4. Jenis polimer yang ditemukan adalah polimer nitrile, polycarbonate, polyethylene, nylon, polypropylene, dan latex.
5. Untuk Uji korelasi menunjukkan nilai Pearson sebesar 0,321 hingga -0,370 untuk jarak sumur dari sungai, -0,329 untuk kedalaman sumur, dan -0,090 untuk umur sumur. Namun, tidak ada korelasi signifikan

karena nilai signifikansi semuanya di atas 0,05 (masing-masing 0,167, 0,108, 0,157, dan 0,705). Lalu Uji T independen menunjukkan nilai signifikansi 0,438 untuk jenis sumur dan 0,923 untuk penutup sumur, yang lebih dari 0,05. Ini berarti hipotesis nol diterima, menunjukkan tidak ada hubungan signifikan antara jenis atau penutup sumur dengan kelimpahan mikroplastik.

6. Untuk hasil regresi lineara berganda tidak ada variable indenpenden (jarak ke sungai, kedalaman, umur, dan kepadatan penduduk) yang memiliki hubungan signifikan secara statistik dengan jumlah mikroplastik, karena semua nilai signifikansi 1-tailed berada di atas 0,05 (masing-masing 0,054, 0,256, 0,209, dan 0,084). Dari hasil uji Chi-Square, dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara jumlah mikroplastik dengan jenis sumur (bor/gali) maupun kondisi penutup sumur (tertutup atau terbuka).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian yang serupa di masa mendatang.

1. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai kelimpahan mikroplastik di air tanah di sekitar sungai Code dengan parameter pendukung yang dapat membantu menguatkan hubungan antara sumber potensi pencemar sungai Code pada kelimpahan jumlah mikroplastik pada air tanah.
2. Memperluas jumlah sampel dan lokasi pengambilan sampel bisa memberikan gambaran yang lebih representatif tentang distribusi mikroplastik pada air tanah.
3. Mempertimbangkan volume sampel yang diuji, serta mempertimbangkan penggunaan larutan H_2O_2 30% apakah diperlukan untuk analis sampel air tanah yang sudah jernih.
4. Saat menguji sampel, berhati hati dengan perlakukan pada kertas saring, alat laboratorium, serta saat menggunakan instrumen Spektrofotometri FT-IR

DAFTAR PUSTAKA

Andrady, A. L. (2022). Microplastics in the marine environment: A global problem. Marine Pollution Bulletin, 182, 113901.

Arthur, C., Baker, J, & Bamford, H. (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, Effects, and fate of microplastic marine debris. Group, January, 530, 9 -11

Ayuningtyas, W. C. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research, 3(1), 41–45.

Cardova, M., Purwiyanto, A., & Suteja, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. 142, 183–188.

Castillo, A. B., Al-maslamani, I., & Obbard, J. P. (2016). Prevalence of Microplastics in the marine waters of Qatar. MPB, 111(1–2), 260–267.

Chang, S. (2012). Analysis of Polymer Standards by Fourier Transform Infrared Spectroscopy Attenuated Total Reflectance and Pyrolysis Gas Chromatography/ Mass Spectroscopy and the Creation of Searchable Libraries

Chen, J. Y. S., Lee, Y. C., & Walther, B. A. (2020). Microplastic contamination of three commonly consumed seafood species from Taiwan: A pilot study. Sustainability (Switzerland), 12(22), 1–13.

EFSA Contam Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. EFSA Journal, 14(6). https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501

Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th ed.). Sage Publications.

GESAMP. 2016. Source, Fate, and Effects of Microplastics in The Marine Environment: Part Two of a Global Assessment, Report and Studies. International Maritime Organization.

Gigault, J., ter Halle, A., Baudrimont, M., Pascal, P. Y., Gauffre, F., Phi, T. L., & El Hadri, H. (2021). Current opinion: What is a nanoplastic?. Environmental Pollution, 265, 114435.

Giyatmi, G., & Hari Eko Irianto, H. (2021). Mikroplastik Pencemar Pangan Baru.

Guo, X., Hu, G., Fan, X., & Jia, H. (2020). Sorption properties of cadmium on microplastics: the common practice experiment and a two-dimensional correlation spectroscopic study. Ecotoxicology and Environmental Safety, 190, 110118.

Harpah N, Suryati S, Leonardo R , Risky Ageng AP , Addauwiyah R. 2020. Analisa jenis, bentuk dan kelimpahan mikroplastik di Sungai Sei Sikambing Medan. Sains dan Teknologi Vol. 20 (2).

Hidayati, I. (2020). Bentang Lahan Jawa Bagian Tengah: Sebuah Catatan Lapangan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Jurnal Geografi: Geografi dan Pengajarannya, 18(2), 1-10.

Ismi, H., Amalia, A. R., Sari, N., Gesriantuti, N., & Badrun, Y. (2019). Dampak mikroplastik terhadap makrozoobentos; suatu ancaman bagi biota di Sungai Siak, Pekanbaru. Prosiding SainsTeKes, 1, 92-104.

J. Masura, J. Baker, G. Foster, and C. Arthur, Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. National Oceani and Atmospherie Administration, 2015

Karimpour, S. dkk. (2021) 'The Fate and Transport of Microplastics in Aquatic Ecosystems: Synthesis and Directions for Future Research Team Members', Canadian Institutes of Health Research.

Khant, N.A.; Kim, H. Review of Current Issues and Management Strategies of Microplastics in Groundwater Environments. Water 2022, 14, 1020.

Koelmans, A. A., Redondo-Hasselerharm, P. E., Nor, N. H. M., & Kooi, M. (2019). Ups and downs in the ocean: Effects of biofouling on vertical transport of microplastics. Environmental Science & Technology, 53(10), 5589-5599.

Machado, A. A. S., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental Science & Technology*, 52(17), 9656-9665.

Musfirah, & Ikaningrum, D. A. (2020). Risiko Pajanan Ag (Perak) Akibat Konsumsi Air Sumur Pada Masyarakat di Wilayah Kerajinan Perak Jagalan Bantul. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 7(1), 48–54.

Ng, K. L., & Obbard, J. P. (2006). Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. Marine pollution bulletin, 52(7), 761-767.

Permatasari, Dinda Resmi, and Arlini Dyah Radityaningrum. (2020). "Kajian Keberadaan Mikroplastik Di Wilayah Perairan : Review." Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VIII.

Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. Science of the Total Environment, 702, 134455.

Ratner, B. (2021). Statistical and Machine-Learning Data Mining: Techniques for Better Predictive Modeling and Analysis of Big Data. CRC Press.

Richard, H., Carpenter, E. J., Komada, T., Palmer, P. T., & Rochman, C. M. (2019). Biofilm facilitates metal accumulation onto

microplastics in estuarine waters. Science of the total environment, 683, 600-608.

Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768.

Sekaran, Uma. & Bougie, Roger. (2009). Research methods for business: A skill building approach (5th ed.). Chichester: John Wiley & Sons

Siegfried, M., Koelmans, A. A., Besseling, E., & Kroeze, C. (2017). Export of microplastics from land to sea. A modelling approach. Water Research, 127, 249-257.

Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. Marine pollution bulletin, 93(1-2), 202-209.

Sriyono, Edy & St. Mt, Sardi & Cahyo Kresnanto, Nindyo. (2017). Analisis Pencemaran Air Sumur di Daerah Bantaran Sungai Code Yogyakarta.

Subharthe Samandra, Julia M. Johnston, Julia E. Jaeger, Bob Symons, Shay Xie, Matthew Currell, Amanda V. Ellis, Bradley O. Clarke, Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia, Science of The Total Environment,Volume 802, 2022

Syachbudi, R. R. (2020). Identifikasi Keberadaan dan Bentuk Mikroplastik Pada Air Dan Ikan di Sungai Code, D.I Yogyakarta. Yogyakarta : Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia

Widyasari, T. (2019). Beban Pencemaran Sumber Limbah di Sungai Code. Jurnal Teknik Sipil, 5(2), 144–154.

Yudhantari, S., G. Hendrawan, P.R. Pusphita. 2019. Kandungan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Lemuru Protoloan

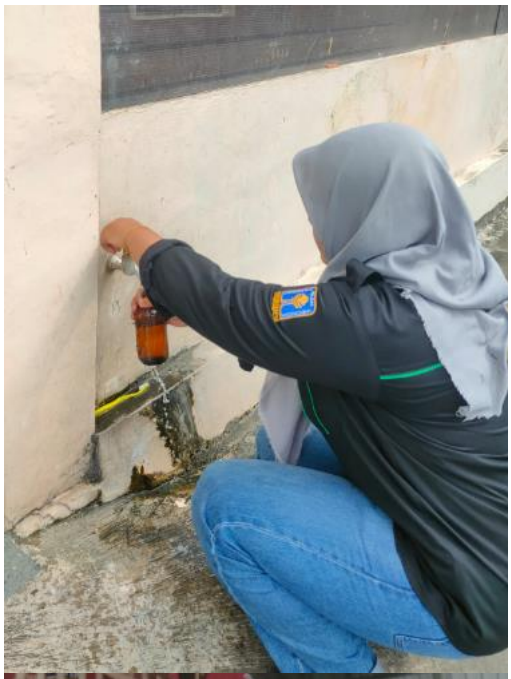
(Sardinella lemuru) Hasil Tangkapan di Selat Bali. Journal of Marine Research and Tecnology. 48-52

Yunanto, A., Fitriah, N., & Widagti, D. N. (2021). Karakteristik Mikroplastik Pada Ekosistem Pesisir di Kawasan Mangrove Perancak, Bali. http://jfmr.ub.ac.id

Zhang, Q., Xu, E. G., Li, J., Chen, Q., Ma, L., Zeng, E. Y., & Shi, H. (2021). A review of microplastics in table salt, drinking water, and air: Direct human exposure. Environmental Science & Technology, 55(7), 3740-3751.

LAMPIRAN

1. Pengambilan Sampel

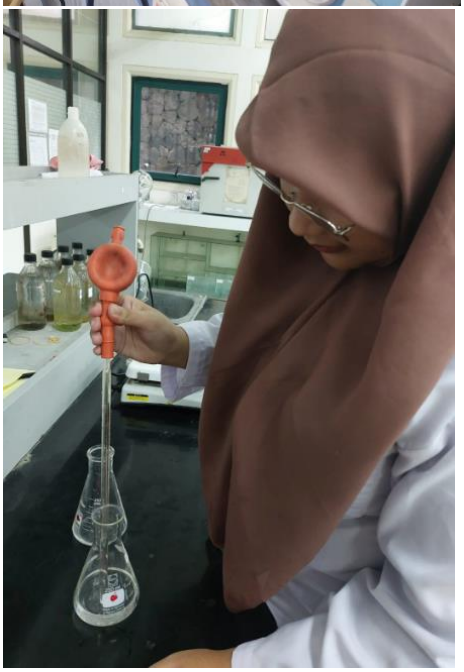


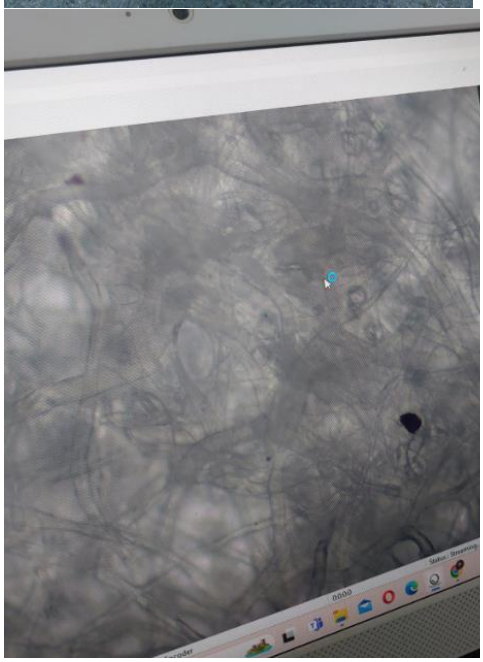



2. Pengujian Sampel di Laboratorium









3. Data Pengamatan Mikroplastik

	Titik Sampling	Jumlah MPS	Rerata
HULU	AT 1	57	**118,5**
	AT 2	73	
	AT 3	96	
	AT 4	108	
	AT 5	177	
	AT 6	200	
TENGAH	AT 7	179	**133,3**
	AT 8	184	
	AT 9	119	
	AT 10	83	
	AT 11	134	
	AT 12	165	
	AT 13	126	
HILIR	AT 14	76	
	AT 15	140	**110,8**
	AT 16	137	
	AT 17	74	
	AT 18	78	
	AT 19	88	
	AT 20	148	

Bagian	Titik Sampling	Jumlah Mikroplastik	Volume/sampel (ml)	Kelimpaha (Partikel/100 ml)
HULU	AT 1	57	100	0,57
	AT 2	73		0,73
	AT 3	96		0,96
	AT 4	108		1,08
	AT 5	177		1,77
	AT 6	200		2
TENGAH	AT 7	179		1,79
	AT 8	184		1,84
	AT 9	119		1,19
	AT 10	83		0,83
	AT 11	134		1,34
	AT 12	165		1,65
	AT 13	126		1,26
HILIR	AT 14	76		0,76
	AT 15	140		1,4

	AT 16	137		1,37
	AT 17	74		0,74
	AT 18	78		0,78
	AT 19	88		0,88
	AT 20	148		1,48
	Total	**2442**	**Rerata**	**1,22**

Titik Sampling	Jenis Sumur	Jumlah MPS	Rerata
AT 1	Gali	57	126,6
AT 2	Gali	73	
AT 3	Gali	96	
AT 4	Gali	108	
AT 5	Gali	177	
AT 6	Gali	200	
AT 7	Gali	179	
AT 9	Gali	119	
AT 11	Gali	134	
AT 12	Gali	165	
AT 15	Gali	140	
AT 16	Gali	137	
AT 18	Gali	78	
AT 19	Gali	88	
AT 20	Gali	148	
AT 8	Bor	184	108,6
AT 10	Bor	83	
AT 13	Bor	126	
AT 14	Bor	76	
AT 17	Bor	74	

Titik Sampling	Kedalaman	Jumlah MPS	Rerata
AT 11	3	134	127
AT 10	4	83	
AT 4	5	108	
AT 12	5	165	
AT 3	6	96	
AT 6	6	200	
AT 9	6	119	
AT 7	7	179	
AT 15	7	140	
AT 14	8	76	
AT 2	10	73	
AT 5	10	177	

AT 13	10	126	
AT 17	10	74	
AT 20	10	148	
AT 16	12	137	109
AT 19	12	88	
AT 18	15	78	
AT 1	20	57	
AT 8	20	184	

Titik Sampling	Penutup	Jumlah MPS
AT 9	Terbuka	119
AT 11	Terbuka	134
15	Terbuka	140
18	Terbuka	78
20	Terbuka	148
1	Tertutup	57
2	Tertutup	73
3	Tertutup	96
4	Tertutup	108
5	Tertutup	177
6	Tertutup	200
7	Tertutup	179
8	Tertutup	184
10	Tertutup	83
12	Tertutup	165
13	Tertutup	126
14	Tertutup	76
16	Tertutup	137
17	Tertutup	74
19	Tertutup	88

Titik Sampling	Umur Sumur	Jumlah MPS
14	1 th	88
15	1 th	148
8	4 th	119
10	4 th	165
17	4 th	83
5	5 th	177
1	7 th	57
3	10 th	96
12	15 th	137
18	15 th	126

9	20 th	134
6	25 th	200
16	26 th	184
2	30 th	73
13	30 th	78
11	40 th	140
4	41 th	108
7	50 th	179
19	50 th	76
20	60 th	74

Titik Sampling	Jarak dg Sungai	Jumlah MPS
AT 9	10 m	119
AT 10	10 m	83
AT 12	15 m	165
AT 15	18 m	140
AT 11	30 m	134
AT 1	40 m	57
AT 6	40 m	200
AT 13	40 m	126
AT 14	42 m	76
AT 7	52 m	179
AT 16	58 m	137
AT 20	60 m	148
AT 5	80 m	177
AT 19	80 m	88
AT 8	90 m	184
AT 17	118 m	74
AT 4	170 m	108
AT 18	176 m	78
AT 3	200 m	96
AT 2	420 m	73

Jenis	Jumlah
Fiber	424
Foam	83
Film	100
Fragmentt	1829

Warna	Jumlah
Abu	100
Biru	58

Cokelat	302
Hijau	5
Hitam	765
Kuning	10
Merah	65
Merah muda	17
Transparan	1121

4. Data Uji FTIR

Titik	Peak	Peak Acuan	Dugaan Jenis Polimer	Referensi
AT 1	3398	3298	Nylon	(Jung dkk., 2018)
	1396	1417	PE	(Savino dkk., 2022)
	779	777	PE	(Savino dkk., 2022)
AT 2	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1002	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 3	2341	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1454	1447	Latex	Guidelli et al., 2011
	999	997	PP	(Jung dkk., 2018)
AT 4	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1002	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 5	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1002	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 6	1002	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 7	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1396	1417	PE	(Savino dkk., 2022)
	1002	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 8	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1002	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 9	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1010	1013	PC	Jung et al., 2018
AT 10	2360	2237	Nitrile	Verleye et al., 2001;
	1010	1013	PC	Jung et al., 2018

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Y	122.1000	43.51394	20
X1	87.4500	96.25376	20
X2	9.3000	4.74730	20
X3	21.9000	18.44451	20
X4	6795.6500	6137.22644	20

Correlations

		Y	X1	X2	X3	X4
Pearson Correlation	Y	1.000	-.370	-.156	.191	.321
	X1	-.370	1.000	.137	.090	-.449
	X2	-.156	.137	1.000	-.190	-.241
	X3	.191	.090	-.190	1.000	-.159
	X4	.321	-.449	-.241	-.159	1.000
Sig. (1-tailed)	Y	.	.054	.256	.209	.084
	X1	.054	.	.282	.352	.023
	X2	.256	.282	.	.212	.153
	X3	.209	.352	.212	.	.251
	X4	.084	.023	.153	.251	.
N	Y	20	20	20	20	20
	X1	20	20	20	20	20
	X2	20	20	20	20	20
	X3	20	20	20	20	20
	X4	20	20	20	20	20

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	X4, X3, X2, X1[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Y

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.480[a]	.230	.025	42.97035

a. Predictors: (Constant), X4, X3, X2, X1

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8279.040	4	2069.760	1.121	.383[b]
	Residual	27696.760	15	1846.451		
	Total	35975.800	19			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), X4, X3, X2, X1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	110.627	36.142		3.061	.008
	X1	-.130	.115	-.288	-1.135	.274
	X2	-.122	2.205	-.013	-.055	.957
	X3	.593	.558	.251	1.063	.304
	X4	.002	.002	.229	.868	.399

a. Dependent Variable: Y

Y * X1

Report

Y

X1	Mean	N	Std. Deviation
10.00	101.0000	2	25.45584
15.00	165.0000	1	.
18.00	140.0000	1	.
30.00	134.0000	1	.
40.00	127.6667	3	71.51457
42.00	76.0000	1	.
52.00	179.0000	1	.
58.00	137.0000	1	.
60.00	148.0000	1	.
80.00	132.5000	2	62.93250
90.00	184.0000	1	.
118.00	74.0000	1	.
170.00	108.0000	1	.
176.00	78.0000	1	.
200.00	96.0000	1	.
420.00	73.0000	1	.
Total	122.1000	20	43.51394

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Y * X1	Between Groups	(Combined)	21138.633	15	1409.242	.380	.924
		Linearity	4920.934	1	4920.934	1.327	.314
		Deviation from Linearity	16217.699	14	1158.407	.312	.954
	Within Groups		14837.167	4	3709.292		
	Total		35975.800	19			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Y * X1	-.370	.137	.767	.588

Y * X2

Report

Y

X2	Mean	N	Std. Deviation
3.00	134.0000	1	.
4.00	83.0000	1	.
5.00	136.5000	2	40.30509
6.00	138.3333	3	54.62905
7.00	159.5000	2	27.57716
8.00	76.0000	1	.
10.00	119.6000	5	45.80720
12.00	112.5000	2	34.64823
15.00	78.0000	1	.
20.00	120.5000	2	89.80256
Total	122.1000	20	43.51394

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Y * X2	Between Groups	(Combined)	9963.933	9	1107.104	.426	.893
		Linearity	870.697	1	870.697	.335	.576
		Deviation from Linearity	9093.237	8	1136.655	.437	.873
	Within Groups		26011.867	10	2601.187		
	Total		35975.800	19			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Y * X2	-.156	.024	.526	.277

Y * X3

Report

Y			
X3	Mean	N	Std. Deviation
1.00	108.0000	2	45.25483
4.00	113.6667	3	61.07645
5.00	177.0000	1	.
7.00	57.0000	1	.
10.00	96.0000	1	.
15.00	121.5000	2	61.51829
20.00	119.0000	1	.
25.00	200.0000	1	.
26.00	137.0000	1	.
30.00	99.5000	2	37.47666
40.00	134.0000	1	.
41.00	108.0000	1	.
50.00	133.5000	2	64.34672
60.00	148.0000	1	.
Total	122.1000	20	43.51394

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Y * X3	Between Groups	(Combined)	17137.633	13	1318.279	.420	.911
		Linearity	1318.378	1	1318.378	.420	.541
		Deviation from Linearity	15819.256	12	1318.271	.420	.905
	Within Groups		18838.167	6	3139.694		
	Total		35975.800	19			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Y * X3	.191	.037	.690	.476

Y * X4

Report

Y			
X4	Mean	N	Std. Deviation
713.00	57.0000	1	.
1056.00	73.0000	1	.
2198.00	96.0000	1	.
2677.00	118.0000	2	42.42641
2969.00	74.0000	1	.
3106.00	177.0000	1	.
3146.00	108.0000	1	.
3399.00	78.0000	1	.
3913.00	117.6667	3	36.11556
4328.00	179.0000	1	.
4692.00	200.0000	1	.
11665.00	126.0000	1	.
13261.00	134.0000	1	.
15845.00	101.0000	2	25.45584
16279.00	184.0000	1	.
20318.00	165.0000	1	.
Total	122.1000	20	43.51394

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Y * X4	Between Groups	(Combined)	30919.133	15	2061.276	1.631	.340
		Linearity	3710.546	1	3710.546	2.935	.162
		Deviation from Linearity	27208.587	14	1943.470	1.537	.364
	Within Groups		5056.667	4	1264.167		
	Total		35975.800	19			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Y * X4	.321	.103	.927	.859

Crosstabs

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
JMLMPS * Jenis	20	100.0%	0	0.0%	20	100.0%
JMLMPS * Penutup	20	100.0%	0	0.0%	20	100.0%

JMLMPS * Jenis

Crosstab

Count

		Jenis		
		Gali	Bor	Total
JMLMPS	<100	5	3	8
	>100	10	2	12
Total		15	5	20

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.111[a]	1	.292		
Continuity Correction[b]	.278	1	.598		
Likelihood Ratio	1.095	1	.295		
Fisher's Exact Test				.347	.296
Linear-by-Linear Association	1.056	1	.304		
N of Valid Cases	20				

a. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.00.

b. Computed only for a 2x2 table

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.111[a]	1	.292		
Continuity Correction[b]	.278	1	.598		
Likelihood Ratio	1.095	1	.295		
Fisher's Exact Test				.347	.296
Linear-by-Linear Association	1.056	1	.304		
N of Valid Cases	20				

a. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.00.

b. Computed only for a 2x2 table

JMLMPS * Penutup

Crosstab

Count

		Penutup		
		Terbuka	Tertutup	Total
JMLMPS	<100	1	7	8
	>100	4	8	12
Total		5	15	20

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.111[a]	1	.292		
Continuity Correction[b]	.278	1	.598		
Likelihood Ratio	1.189	1	.276		
Fisher's Exact Test				.603	.307
Linear-by-Linear Association	1.056	1	.304		
N of Valid Cases	20				

a. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.00.

b. Computed only for a 2x2 table