

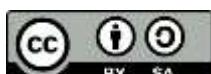
PENGARUH AIR LINDI TPST PIYUNGAN TERHADAP KEBERADAAN MIKROPLASTIK DI AIR SUNGAI OPAK YOGYAKARTA

Aditya Saputra¹, Sri Sunarsih², Eka Sulistyaniingsih³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas AKPRIND Indonesia

Corresponding email: srisunarsih@akprind.ac.id

Copyright © 2025 The Author



This is an open access article

Under the Creative Commons Attribution Share Alike 4.0 International License

DOI: [10.53866/jimi.v5i4.974](https://doi.org/10.53866/jimi.v5i4.974)

Abstract

World populationreview.com lists Indonesia as a country with a very high Mismanagement Waste Index (MWI) and is one of five countries that contribute 80% of plastic waste in the ocean. This study aims to identify the influence of leachate from the Piyungan Landfill on the presence of microplastics in the Opak River. Sampling was conducted at three points in the Banyakan River (connecting the Piyungan Landfill leachate pond with the Opak River), one point upstream from the confluence of the Banyakan River and one point downstream from the confluence of the rivers. Microplastic particles were separated from organic compound contaminants with a 30% H₂O₂ solution and centrifuged. The sediment was observed for shape and counted using a microscope. Plastic functional groups were determined using an FT-IR spectrophotometer. The analysis revealed 403 microplastic particles/mL in samples near the leachate pond and 170 particles/mL at the confluence of the Banyakan River and the Opak River, 1.52 km from the Piyungan Landfill. In the upstream direction of the Opak River, which was not exposed to leachate, the number of microplastics was 121 particles/mL, while the downstream sample, 729.76 m away, contained 222 microplastic particles/mL. The microplastics found were in the form of fragments, fibers, films, foams, and pellets, with the highest number being fragments and the lowest number being foams. The functional group test results showed that the microplastics found were polyvinyl amino or nylon. Based on the significance value of the One-Way ANOVA statistical test, it was known that leachate affected the abundance of microplastics in the Opak River. In addition, there was an identical type and shape of microplastics in the Opak River with leachate from the Piyungan Landfill.

Keywords: Leachate, ANOVA, microplastic, Piyungan Landfill

Abstrak

Worldpopulationreview.com menyebutkan Indonesia sebagai negara dengan Indeks Sampah Salah Kelola (MWI: Mismanagement Waste Index) sangat tinggi dan termasuk satu dari 5 negara yang berkontribusi terhadap 80 % sampah plastik di lautan. Kajian ini bertujuan mengidentifikasi pengaruh air lindi TPST Piyungan terhadap keberadaan mikroplastik pada aliran sungai Opak. Sampling dilakukan pada 3 titik sungai Banyakan (penghubungan kolam air lindi TPST Piyungan dengan sungai Opak), satu titik ke arah hulu dari pertemuan sungai Banyakan dan 1 titik ke arah hilir dari pertemuan sungai tersebut. Partikel mikroplastik dipisahkan dari kontaminan senyawa organik dengan larutan H₂O₂ 30 % dan disentrifugasi. Endapan diamati bentuknya dan dihitung jumlahnya dengan mikroskop. Gugus fungsi plastik ditentukan dengan spektrofotometer FT-IR. Dari hasil analisis ditemukan mikroplastik 403 partikel/mL pada sampel dekat kolam air lindi dan 170 partikel /mL pada pertemuan sungai Banyakan dengan sungai Opak dan berjarak 1,52 km dari TPST Piyungan. Pada arah hulu sungai Opak yang tidak terpapar air lindi jumlah mikroplastiknya 121 partikel /mL, sedang sampel daerah hilir yang berjarak 729,76 m mengandung mikroplastik 222 partikel /mL. Mikroplastik yang ditemukan berbentuk fragment, fiber, film, foam, dan pellet dengan jumlah paling banyak berupa fragment dan jumlah paling sedikit foam. Hasil uji gugus fungsi menunjukkan mikroplastik yang ditemukan berjenis poli

vinil amino atau nylon. Berdasarkan nilai signifikansi dari uji statistik One-Way ANOVA, diketahui bahwa air lindi mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada sungai Opak. Selain itu, terdapat keidentikan jenis dan bentuk mikroplastik pada sungai Opak dengan air lindi dari TPS Piyungan.

Kata Kunci: Air lindi, ANOVA, mikroplastik, TPST Piyungan

1. Pendahuluan

Pada tahun 2023, dunia menghasilkan 360 juta ton plastik setiap tahun, dan hanya 7% yang didaur ulang. Sebagian besar sampah ini terbuang dan terakumulasi di lingkungan dalam bentuk mikroplastik (Yadav et al, 2023). Mikroplastik adalah pecahan dari semua jenis plastik yang saat ini diproduksi dan menjadi limbah plastik yang berasal dari aktivitas antropogenik (Kye, et al, 2023). Mikroplastik dihasilkan di ekosistem darat dan dapat terbawa ke lingkungan perairan. Dilaporkan bahwa 70%–80% plastik berasal dari sumber darat dan 20–30% berasal dari aktivitas laut (Yadav et al, 2023) Mikroplastik menjadi masalah lingkungan yang semakin meningkat karena persistensinya di lingkungan. Meskipun merupakan polutan yang relatif baru mikroplastik sudah tersebar secara global di berbagai kompartemen terestrial, akuatik, dan atmosfer. Polutan ini menyebar di lingkungan karena faktor lingkungan dan sifat bawaan mikroplastik, seperti densitas, hidrofobisitas, dan rekalsitansi, dan akhirnya memasuki lingkungan perairan. Mikroplastik memiliki potensi dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Paparan mikroplastik pada manusia terjadi melalui asupan oral, rantai makanan dan jejaring makanan, inhalasi serta kontak kulit (Suardy, 2020, Li Y, et al, 2023, dan Yousafzai et al, 2025). Efek toksik mikroplastik diteliti dalam model eksperimental seperti sel, organoid, dan hewan. Efek-efek ini terdiri dari stres oksidatif, kerusakan DNA, disfungsi organ, gangguan metabolisme, respons imun, neurotoksisitas, serta toksisitas reproduksi dan perkembangan. Ada beberapa bukti epidemiologis yang menunjukkan keterkaitan berbagai penyakit kronis dengan paparan mikroplastik (Li, et al, 2023)

Mikroplastik, merupakan partikel plastik yang sangat kecil dengan diameter 0,001-5 mm (0,2 inci) yang dapat dikelompokkan menjadi mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah plastik yang dibuat dalam ukuran kecil, dirancang untuk penggunaan komersial, seperti kosmetik, pellet plastik bahan industri, serat mikro untuk tekstil dan jaring ikan. Partikel-partikel ini juga dapat terbentuk akibat penghancuran atau abrasi produk plastik besar selama proses pembuatan. Manik-manik plastik digunakan untuk memproduksi berbagai produk yang terbuat dari termoplastik. Mikroplastik dalam bentuk manik-manik mikro digunakan dalam industri kosmetik untuk memproduksi produk yang berkaitan dengan pembersihan dan pengelupasan kulit. Jenis plastik yang digunakan untuk memproduksi manik-manik mikro meliputi plastik termoset dan termoplastik (Suardy, 2020, Veronica, 2021 dan Yadav et al, 2023)

Mikroplastik sekunder merupakan fragmen atau fiber plastik yang terbentuk dari peruraian atau disintegrasi barang plastik yang lebih besar (makroplastik). Pembentukan mikroplastik sekunder terjadi karena benda plastik terpapar oleh radiasi UV, suhu tinggi, atau proses hidrolisis dan aksi gelombang yang dapat menyebabkan perubahan kimia yang membuat plastik menjadi rapuh dan lebih rentan terhadap fragmentasi (Suardy, 2020, Veronica, 2021 dan Mondal, 2024).

Sumber utama pelepasan mikroplastik ke lingkungan adalah kantong plastik serta botol plastik sekali pakai yang terbuat dari plastik jenis PET, PE, dan PP. Sumber lainnya termasuk peralatan yang digunakan dalam penangkapan ikan yang terbuat dari plastik seperti pancing dan jaring penangkap ikan seperti botol air, ember, dari pencucian pakaian dari tekstil sintetis. Kain sintetis, dapat melepaskan hingga 1.900 serat per pakaian selama proses pencucian. Meskipun merupakan partikel sekunder, serat mikro akan terlepas ke lingkungan bersama mikroplastik primer melalui limbah dan pemanfaatan *sludge* (Yadav et al, 2023)

Mikroplastik berbentuk pelet diduga berasal aktivitas industri, pembuangan air limbah, pembuangan ilegal, dan air limpasan, serta dari potongan kecil tali atau jaring yang aus. Pelet juga berasal dari plastik bahan industri. Produk plastik jenis busa atau manik-manik dapat berasal dari polistirena berbusa (FPS, polistirena mengembang), sedangkan plastik mikrobead bersal dari produk perawatan kulit dari plastic jenis polipropilen (PP). Mikroplastik berbentuk film dapat berasal dari degradasi kantong plastik, misal vinil yang digunakan dalam pertanian. Bentuk fiber dapat berasal dari jarring, tali pancing atau proses pencucian pakaian. Hasil analisis mikroplastik berdasarkan bentuknya, dipastikan mikroplastik bentuk fragmen terdiri

dari PP atau PE; bentuk fiber dari PE atau poliester (PES), dan bentuk film terbuat dari PE Namun bentuk maupun komposisi mikroplastik dapat bervariasi, tergantung pada proses pembuatan dan produk akhir plastik (Kye et al, 2021).

Diperkirakan 4,8 hingga 12,7 juta metrik ton plastik berakhir di lautan setiap tahunnya dengan persebaran yang tidak merata. Hasil riset menunjukkan bahwa 5 negara Asia yakni Tiongkok, Thailand, Vietnam, Indonesia, dan Filipina berkontribusi terhadap 80% sampah plastik di lautan. Statistik polusi plastik global yang dirilis oleh worldpopulationreview.com menyebutkan bahwa India, Nigera dan Indonesia memiliki Indeks Sampah Salah Kelola (MWI: Mismanagement Waste Index) sangat tinggi. MWI didefinisikan sebagai jumlah sampah plastik yang tidak dikumpulkan dan tidak dikelola dengan baik dibagi dengan total sampah plastik yang dihasilkan. Ini berarti Indonesia dikategorikan sebagai negara yang tidak mengelola sampah plastiknya dengan baik. Sebagai perbandingan, produksi plastik negara Jepang pada tahun 2024 sebanyak 3,806,805 ton, sedang Indonesia sebesar 3,366,941 ton. Terlihat bahwa jumlah produksi plastik di Jepang lebih tinggi, namun nilai MWI negara Jepang dikategorikan sangat rendah (Bexeitova et al, 2024).

Mikroplastik yang memasuki perairan dapat menjadi ancaman besar bagi organisme akuatik. Bentuk fiber merupakan mikroplastik yang paling mudah tertelan. Mikroplastik sudah terdeteksi pada ikan dan kerang. Pada hewan liar di pesisir mikroplastik ditemukan di usus, lambung, hati, dan otot mereka. Pada kucing dan anjing peliharaan mikroplastik jenis PET ditemukan di fesesnya. hewan peliharaan, Mikroplastik juga dapat terdeteksi pada tumbuhan dan alga. Pada sistem hidroponik terbukti mikroplastik dapat berpindah dari akar tanaman ke bagian atas bibit padi (Li et al, 2023).

Walaupun secara umum diyakini bahwa mikroplastik yang memasuki tubuh manusia, akan dikeluarkan melalui saluran pencernaan dan saluran empedu, namun keberadaan polutan ini terdeteksi dalam darah manusia. Kajian terbaru menunjukkan bahwa mikroplastik mengikuti sirkulasi darah ke seluruh tubuh sehingga keberadaannya juga terdeteksi dalam 15 komponen biologis manusia, seperti limpa, hati, usus besar, paru-paru, feses, plasenta, dan ASI, Organ tubuh dengan kandungan mikroplastik cukup tinggi adalah usus besar dan hati dengan jenis mikroplastik berupa PE, PET, PP, PS, PVC, dan PC. Personal yang paling sensitif terhadap paparan mikroplastik adalah wanita hamil dan bayi. Konsentrasi PET dalam feses bayi dapat mencapai sepuluh kali lebih tinggi dibanding orang dewasa. Hal ini mengindikasikan bahwa bayi memiliki kemungkinan terpapar mikroplastik jauh lebih tinggi daripada orang dewasa. Fragmen mikroplastik, juga terdeteksi dalam plasenta manusia, sementara mikroplastik jenis PVC dan PP terdeteksi dalam ASI. Hal ini tentu saja menimbulkan keprihatinan yang mendalam jika dihubungkan dengan teori bahwa faktor-faktor negatif pada tahap awal perkembangan akan meningkatkan kemungkinan obesitas, diabetes, penyakit kardiovaskular, dan penyakit kronis lainnya di masa dewasa. Munculnya mikroplastik dalam plasenta manusia semakin menegaskan bahwa bahan kimia yang tidak terdegradasi ini berpotensi mempengaruhi tubuh manusia dan dapat mempengaruhi perkembangan janin. Oleh karena itu, perhatian lebih perlu diberikan pada potensi dampak dini pada bayi dan perkembangan awal embrio (Li et al, 2023).

Data timbulan sampah tahun 2024 secara nasional di Indonesia menunjukkan plastik berada pada urutan ke 2 terbanyak setelah sampah organik dengan persentase sebesar 19,75 %. Sejalan dengan kondisi secara nasional, timbulan sampah di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki pola yang sama. Pada tahun 2024 data timbulan sampah di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai 702.140,01ton dengan komponen yang dominan adalah sisa makanan 52,55 %, plastik 27,49 % dan kertas 13,27 %. Persentase komponen yang lain seperti logam, kain, kaca, karet, kulit dan logam masing-masing kurang dari 1 % (SIPPN,2025). Dengan status Indonesia yang memiliki nilai MWI yang sangat tinggi, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan limbah plastik. Sistem perairan di DIY, termasuk sungai-sungai vital seperti Sungai Opak, menjadi cerminan dari masalah ini

Kelimpahan mikroplastik pada sedimen Sungai Code cenderung meningkat dari titik bagian hulu menuju hilir dengan kelimpahan tertinggi berada pada Jembatan Ponggok yaitu sebesar 1030,95 partikel/gram sedangkan yang terendah berada pada Jembatan Perak yaitu sebesar 169,8 partikel/gram. Bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah fragment diikuti film, pellet, filament, foam dan fiber. Polimer plastik yang ditemukan pada penelitian ini adalah PE, PP, PS, PVC, PET, PTFE, PMMA, PU, dan PVDC (Dalila, 2024). Pada tahun 2023, terdeteksi kelimpahan mikroplastik pada hulu Sungai Opak

sebanyak 4,15 partikel/L, pada bagian tengah sungai sebanyak 18,85 partikel/L, dan pada bagian hilir sungai sebanyak 23,55 partikel/L. Bentuk mikroplastik yang teridentifikasi meliputi fragmen, film, fiber, foam, dan pellet (Malau, 2023). Cemaran mikroplastik di sungai Progo lebih rendah dibanding sungai Opak. Hal ini terdeteksi dari kelimpahan mikroplastik di sedimennya yang bernilai 209,37 hingga 1.173,25 partikel/kg, sedang untuk sungai Opak 314,54 hingga 3.729,67 partikel/kg. Cemaran yang jauh lebih tinggi ini diduga karena ada kontribusi dari sungai Code, sungai Gajah Uwong dan sungai Oya yang bergabung dengan sungai Opak serta adanya pengaruh air lindi TPST Piyungan (Utami et al, 2022). Hal ini juga diperkuat oleh data hasil identifikasi mikroplastik pada inlet kolam air lindi TPST Piyungan yang berjarak sekitar 1,5 km dari sungai Opak sebesar $154,80 \pm 21,22$ partikel/L dengan jenis plastic berupa PS, PE dan PVC (Utami dan Agustina, 2022).

Mengingat besarnya timbulan sampah plastik di Indonesia, pengelolaannya yang dinilai masih kurang baik, Tingkat kepedulian masyarakat yang rendah serta potensi dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan, maka penelitian tentang mikroplastik di sekitar kita selalu menarik untuk dilakukan.

2. Metode Penelitian

2.1. Objek, waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan April 2024 sampai bulan Juli 2024 dengan lokasi di hulu sungai Banyakan yang menghubungkan kolam air lindi TPST Piyungan dan Sungai Opak,, di tengahnya dan di pertemuan dengan sungai Opak. Lokasi lainnya adalah di arah hulu sungai Opak sejauh 510 m dari pertemuan sungai Banyakan dan sungai Opak, serta di hilir sungai Opak sejauh 729 m dari pertemuan sungai Banyakan dengan sungai Opak. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. . Lokasi titik sampling (sumber Google Map)

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Proses pengambilan sampel mengacu pada NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) dan berdasarkan SNI 03 – 7016 – 2004 tentang tata cara pengambilan contoh dalam rangka pemantauan kualitas air pada daerah aliran sungai. Pengambilan sampel air sungai dilakukan dengan metode grab sampling, setelah air terkumpul dipindahkan ke botol kaca agar tidak mempengaruhi kandungan mikroplastik. Pengukuran in-situ pada penelitian kali ini meliputi pH, suhu, kedalaman, kekeruhan, debit air dan lebar sungai Opak. Penentuan debit dilakukan dengan mengukur laju alir air sungai dan menghitung luas tumpang lintang sungai.

Preperasi sampel dilakukan dengan menempatkan 10 mL sampel air ke dalam erlenmeyer 250 mL ditambahkan 10 mL larutan NaCl 10% untuk dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* serta dipanaskan pada suhu 75°C selama 30 menit. Selanjutnya, larutan ini ditambahkan 20 mL larutan H₂O₂ 30% untuk memecahkan bahan organik yang ada dalam sampel tanpa merusak partikel mikroplastik (Utomo dan Marzuki, 2022). Selanjutnya diambil sampel 10 mL, disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 10 rpm untuk memisahkan zat-zat tersuspensi. Filtratnya kemudian disaring menggunakan *bugner funnel* dan kertas saring 2,5 µm. Endapan yang diperoleh diamati dengan mikroskop untuk mengamati bentuknya dan menghitung jumlahnya..

2.3. Teknik Analisis Data

Analisis jenis plastik penyusunnya, dilakukan uji gugus fungsi endapan menggunakan spektrofotometer FT-IR.pada panjang gelombang 500 cm^{-1} – 4000 cm^{-1} . Penentuan gugus fungsi mikroplastik sampel dilakukan dengan membandingkan spektra sampel dengan spektra standar berbagai jenis plastik. Selanjutnya, dilakukan uji statistic untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh keberadaan mikroplastik pada seluruh titik sampling. Uji statistik dilakukan dengan membandingkan jumlah mikroplastik setiap bentuknya antar titik sampling. Titik sampling 1 dibandingkan dengan titik sampling 2, titik sampling 1 dibandingkan kembali dengan titik sampling 3, titik sampling 3 dan 4 dibandingkan dengan titik sampling 5. Metode uji statistik yang digunakan adalah uji One-Way ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh antar variabel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan titik sampling 1 berada pada outlet IPAL TPST Piyungan sebelum masuk ke sungai Banyakan merupakan saluran pembuangan utama air lindi. Air lindi mengalir langsung dari atas tempat sampah dikumpulkan pada suatu kolam. Pada titik sampling ini tercium bau yang cukup menyengat akibat penumpukan sampah di atas. Volume air lindi di kolam cukup sedikit dikarenakan TPST Piyungan sudah berhenti dioperasikan, pasokan sampahnya tidak banyak. Air lindi berwarna hitam dan tidak lengket serta baunya cukup menyengat. Pada area ini, mikroplastik yang ada patut diduga hanya berasal dari air lindi, berarti bersumber dari degradasi sampah plastik yang berada di TPST Piyungan.

Titik sampling 2 berada di tengah aliran sungai Banyakan, berada di bawah jembatan dan ujungnya masuk ke aliran sungai Opak. Air lindi yang dialirkan dari hulu pembuangan sudah tercampur dengan aliran sungai atau aliran irigasi, kondisinya cukup keruh, memiliki bau yang menyengat dan membuat perih mata. Di atas titik sampling 2 ini ada jembatan penghubung antara sisi timur yang merupakan pemukiman warga dan sisi barat yang merupakan area sawah yang cukup luas. Mikroplastik yang terdapat di dalam air pada air dari titik sampling ini berasal dari air lindi dan kemungkinan ada kontribusi dari air irigasi



Gambar 2. sketsa aliran air pada titik sampling 2

Titik sampling 3 berada di pertemuan antara aliran sungai Opak dengan aliran dari TPST Piyungan. Ditemukan cukup banyak sampah di lokasi mulai dari kantong plastik, botol plastik baik minuman kemasan, produk kecantikan, dan produk pembersih ruangan, pembalut, dan sampah organik. Beberapa sampah juga telah tersangkut di daun dan ranting pohon yang mengindikasikan pernah terjadinya aliran air yang cukup besar. Air pada titik sampling ini cukup keruh tetapi tidak berbau. Mikroplastik pada titik ini berasal dari air lindi, air irigasi di sungai Banyakan dan air sungai Opak

Titik sampling 4 berada pada jarak sekitar 510 m ke arah hulu sungai Opak. Selama pengambilan sampel, tidak ditemukan sampah yang berada pada aliran sungai ataupun sisi sungai. Pada titik ini ditemukan bahwa warga sekitar menggunakanannya untuk berenang, mandi, hingga buang air. Warna air di lokasi ini keruh tetapi tidak lebih keruh daripada lokasi di titik sampling 3. Mikroplastik pada titik sampling ini hanya berasal dari air sungai Opak, belum terpengaruh oleh air lindi.

Titik sampling 5 berada sekitar 729 m dari pertemuan saluran air lindi dengan sungai Opak (titik sampling 3) ke arah hilir sehingga cemaran mikroplastik yang ada di dalamnya berasal dari air lindi maupun air sungai Opak. Pada titik ini terdapat cukup banyak bebatuan baik di pinggir hingga tengah sungai, juga terdapat sampah pada daun dan ranting pohon di sisi sungai.

Pengambilan sampel pada titik sampling 3 hingga 5 didasarkan pada perhitungan debitnya (dengan mengukur lebar dan kedalaman air serta laju alirannya. Titik pengambilan sampel pada sungai yang memiliki debit $<5 \text{ m}^3/\text{detik}$ berada di tengah sungai dengan kedalaman pengambilan sampel yaitu $0,5 \times$ kedalaman sungai (SNI SNI06-2421-1991). Secara ringkas jarak antar titik sampling dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Jarak antar titik sampling (sumber : pengukuran dari Google Map)

| No | Keterangan | Jarak (m) |
|----|-------------------|-----------|
| 1 | titik 1 -titik 2 | 813,59 |
| 2 | titik 2 - titik 3 | 707,38 |
| 3 | titik 3 -titik 4 | 510,23 |
| 4 | titik 3 -titik 5 | 729,76 |

Beberapa data sampling dan parameter yang diukur secara *insitu* saat pengambilan sampel menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik fisik titik sampling (Sumber : Data primer)

| Titik sampling | Kedalaman air | Lebar parit/sungai |
|----------------|---------------|--------------------|
| 1 | 5 cm | 30-45 cm |
| 2 | 20 cm | 30-45 cm |
| 3 | 1 m | 10 m |
| 4 | 1 m | 10 m |
| 5 | 1 m | 10 m |

Tabel 3 Karakteristik air sampel (data primer)

| Titik sampling | pH | TDS (ppm) | Suhu air (°C) | Suhu udara (°C) |
|----------------|------|-----------|---------------|-----------------|
| 1 | 8,02 | 7.961 | 31,2 | 30,5 |
| 2 | 7,53 | 274 | 33,8 | 32,4 |
| 3 | 7,51 | 253 | 33,2 | 33 |
| 4 | 6,99 | 165 | 30,4 | 30 |
| 5 | 7,04 | 178 | 29 | 29,1 |
| Baku mutu | 6-9 | 1.000 | 26-32 | |

Menurut data pengamatan di atas, hanya parameter TDS pada titik sampling 1 yang melebihi baku mutu. Tingginya nilai TDS ini diduga akibat pengaruh air lindi yang berasal dari degradasi berbagai macam sampah yang terdapat dalam TPST. Sedangkan parameter lain yang diamati masih memenuhi baku mutu.

Hasil identifikasi bentuk dan jumlah mikroplastik

Bentuk partikel mikroplastik yang dijumpai di perairan sungai Opak pada penggal sekitar TPST Piyungan meliputi 5 macam yaitu fiber, film, fragmet, foam, dan pellet seperti tertera dalam gambar 2.



Fiber

film

Fragment

Foam

Pellet

Gambar 3. Bentuk-bentuk partikel mikroplastik di perairan Sungai Opak sekitar TPST Piyungan
Jumlah mikroplastik yang teramati pada sampel 1-5 disajikan dalam tabel 4 berikut

Tabel 4 Jumlah mikroplastik pada sampel air

| Titik sampling | Jumlah mikroplastik (partikel/mL) |
|----------------|-----------------------------------|
| 1 | 403 |
| 2 | 232 |
| 3 | 170 |

| | |
|---|-----|
| 4 | 121 |
| 5 | 222 |

Untuk melihat apakah letak letak sampling juga berpengaruh terhadap bentuk-bentuk partikel mikroplastik, maka jumlah mikroplastik yang terdapat pada masing-masing titik sampling dipilah berdasar bentuknya. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam tabel 5

Tabel 5. Jumlah mikroplastik pada masing-masing titik sampling berdasar bentuknya

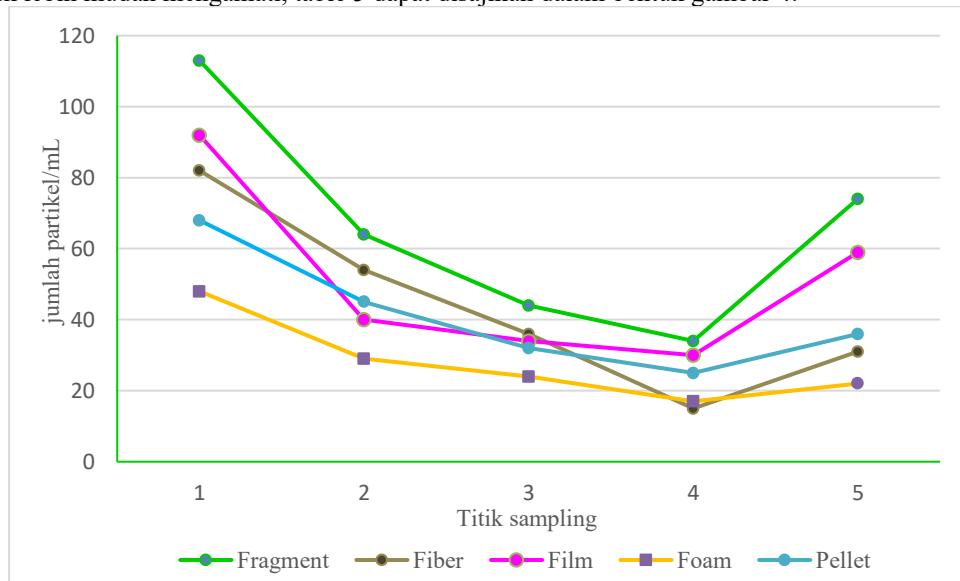
| Titik sampling | Fragment | Fiber | Film | Foam | Pellet |
|----------------|----------|-------|------|------|--------|
| 1 | 113 | 82 | 92 | 48 | 68 |
| 2 | 64 | 54 | 40 | 29 | 45 |
| 3 | 44 | 36 | 34 | 24 | 32 |
| 4 | 34 | 15 | 30 | 17 | 25 |
| 5 | 74 | 31 | 59 | 22 | 36 |

Hasil uji terhadap gugus fungsi partikel mikroplastik dari 5 spektra FTIR yang diambil dari titik sampling 1 sampai dengan 5 menunjukkan puncak-puncak yang mirip sebagai berikut yaitu pita lebar pada $3315-3295.05\text{ cm}^{-1}$, pita tajam pada 1631.09 cm^{-1} dan puncak pada $1300-1000\text{ cm}^{-1}$

3.2. Pembahasan

Data tabel 3 memperlihatkan bahwa jumlah mikroplastik tertinggi terdapat pada sampel 1 yang berada di dekat penampungan air lindi. Makin jauh dari penampungan air lindi (sampel 2 dan 3) jumlah mikroplastiknya makin kecil. Patut diduga bahwa keberadaan TPST Piyungan berkontribusi terhadap jumlah mikroplastik pada sungai Opak. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Utami dan Agustina (2022) yang menyimpulkan bahwa seluruh air lindi pada kolam penampungan TPST Piyungan mengandung mikroplastik. Dugaan tersebut juga terkonfirmasi dari data titik sampling 4 yang berjarak sekitar 510 m ke arah hulu dari pertemuan sungai Banyak dan sungai Opak. Pada sampel ke 4 yang belum terkontaminasi air lindi ini jumlah partikel mikroplastik hanya 121 (paling rendah). Adanya tambahan mikroplastik dari air sungai Banyak ini menambah jumlah mikroplastik air Sungai Opak. Hal ini terkonfirmasi pada hasil pengukuran sampel 5 yang diambil dari lokasi sejauh 729 m ke arah hilir dari pertemuan sungai Banyak dan Sungai Opak. Percampuran air pada titik ini menghasilkan jumlah mikroplastik sebesar 222 partikel/mL

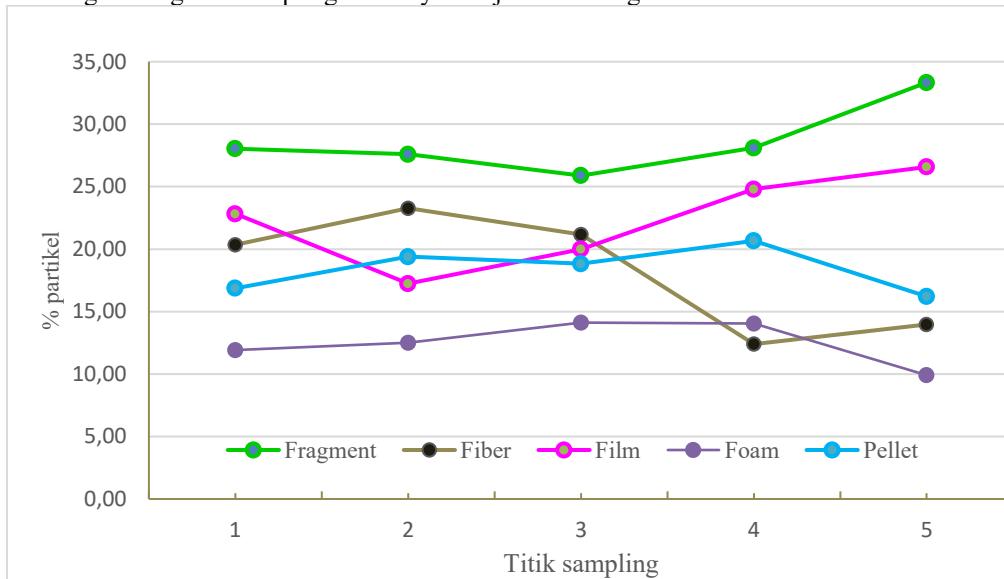
Untuk lebih mudah mengamati, table 5 dapat disajikan dalam bentuk gambar 4.



Gambar 4. Sebaran bentuk partikel mikroplastik pada masing-masing titik sampling

Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada semua titik sampling bentuk partikel mikroplastik yang paling banyak adalah fragment. Pada titik sampling 5 bentuk fragment dan bentuk film memiliki jumlah yang banyak yang berasal dari air lindi maupun air sungai Opak dari daerah hulu (berasal dari lokasi titik sampling 3 dan 4). Pada semua titik sampling partikel mikroplastik bentuk foam jumlahnya sedikit (kecuali pada titik sampling 4 yang menunjukkan bentuk fiber lebih sedikit lagi). Dapat diduga kontribusi partikel mikroplastik bentuk fiber dari air sungai Opak relatif kecil dibanding dari air lindi TPST Piyungan

Selanjutnya dilakukan analisis untuk melihat bentuk partikel mikroplastik yang persentasenya paling besar pada masing-masing titik sampling. Hasilnya disajikan dalam gambar 4 berikut:



Gambar 5. Persentase partikulat pada masing-masing titik sampling

Gambar 5 memperlihatkan bahwa pada semua titik sampling partikel mikroplastik memiliki persentase paling tinggi dibanding bentuk partikel yang lain, sedangkan partikel mikroplastik bentuk foam memiliki persentase paling sedikit kecuali pada titik sampling ke 4. Pada titik sampling ini partikel bentuk fiber persentasenya paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah maupun persentase partikel mikroplastik berbentuk fiber pada sungai Opak lebih kecil dibanding dari air lindi TPST Piyungan.

Hasil analisis 5 spektra FTIR mikroplastik dari titik sampling 1 sampai dengan 5 dapat diinterpretasikan puncak-puncak yang mirip sebagai berikut:

Pita lebar pada $3315\text{--}3295.05\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya regangan gugus hidroksil dari alkohol atau air yang khas pada PVA. Sedangkan pita tajam pada 1631.09 cm^{-1} yang menunjukkan regangan C=O dari amida atau C=C dari senyawa aromatik. Puncak-puncak pada $1300\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan regangan C-O atau C-N dari plastik yang memiliki gugus alkohol, ester atau amina. Berdasarkan interpretasi spektra tersebut maka diduga partikel plastik yang terdeteksi adalah poli vinil amino (PVA) atau nilon.

Hasil interpretasi spektra IR ini ternyata tidak sinkron jika dikonfirmasi dengan bentuk -bentuk partikel mikroplastik yang diperoleh pada sampel 1-5. Seperti diketahui, di dalam ke 5 sampel air tersebut menunjukkan keberadaan 5 macam bentuk mikroplastik yakni fragment, fiber, film, foam dan pellet. Meskipun bentuk mikroplastik tertentu tidak selalu identik dengan jenis plastiknya ada kecenderungan korelatif antara jenis plastik dan bentuk mikroplastik yang dihasilkan. Beberapa riset (Lozano et al., 2021; Wang et al., 2023; Lehman et al., 2021), menunjukkan bahwa bentuk mikroplastik seperti fiber umumnya berasal dari polyester atau nylon, sedangkan fragmen lebih umum terbentuk dari plastik keras seperti polipropilen (PP), polistirene (PS), dan polietilentereftalat (PET). Di dalam sampel air juga terdapat mikroplastik berbentuk film yang dapat berasal dari polietilen (PE), umumnya bersumber dari limbah kantong plastik, kantong keresek atau plastik yang digunakan untuk aktivitas pertanian (Kasamesiri, 2023). Keberadaan jenis plastik yang lain juga ditunjukkan dari penelitian air lindi TPST Piyungan (Utami, 2022)

yang menyebutkan adanya plastik jenis PS, PE dan Polivinilklorida (PVC).

Dari perbedaan interpretasi jenis plastik dalam sampel air yang didasarkan pada bentuk mikroplastik dan pembacaan spektra IR, maka diduga bahwa spektra FTIR yang dihasilkan belum menampilkan semua puncak yang seharusnya ada. Menurut Weisser et al. (2022), FTIR *imaging* otomatis dapat tidak mengenali atau salah mengklasifikasikan partikel karena keterbatasan algoritma. Banyak partikel gagal dikenali jika berukuran kecil, tipis, atau spektrumnya *overlaid* dengan *noise*.

Berdasarkan uji statistik diketahui bahwa nilai antara titik sampling 1 dengan titik sampling 2 sebesar 0,039 (<0,05), menunjukkan bahwa jumlah mikroplastik pada titik sampling 1, signifikansi antara titik sampling 1 dengan titik sampling 3 sebesar 0,01 (<0,05) yang berarti bahwa mikroplastik pada titik sampling 1 mempengaruhi jumlah mikroplastik pada titik sampling 3. Sedangkan nilai signifikansi antara titik sampling 3 dan 4 dengan titik sampling 5 sebesar 0,025 (<0,05) yang berarti bahwa jumlah mikroplastik pada titik sampling 3 dan 4 mempengaruhi jumlah mikroplastik pada titik sampling 5. Hal ini menunjukkan bahwa TPST Piyungan mempengaruhi jumlah mikroplastik pada sungai Banyakan, pada pertemuan sungai tersebut yang memasuki sungai Opak, maupun daerah hilir sungai Opak

3.3. Kaitan dengan Tujuan Penelitian

Bentuk mikroplastik di kolam air lindi TPST Piyungan yang teramati oleh peneliti terdahulu sama dengan bentuk mikroplastik yang terdeteksi di sungai Banyakan maupun di sungai Opak. Data jumlah dan bentuk mikroplastik serta analisis statistik yang dilakukan menunjukkan bahwa mikroplastik yang berasal dari air lindi TPST Piyungan mempengaruhi jumlah mikroplastik di sungai Opak.

4. Kesimpulan

Terdapat pengaruh kelimpahan mikroplastik air lindi TPST Piyungan pada aliran Sungai Opak ditandai dengan tingginya mikroplastik pada hulu Sungai Banyakan, terus menurun sampai memasuki Sungai Opak. Kelimpahan ini lebih tinggi dibanding daerah hulu, sementara daerah hilir yang sudah bercampur lebih tinggi. Adanya pengaruh air lindi juga diperkuat oleh bentuk dan jenis mikroplastik yang identik antara aliran sungai Opak dan pada air lindi dan dari TPST Piyungan. Berdasarkan hasil analisis statistik, kelimpahan mikroplastik di dekat kolam air lindi, pada aliran sungai Opak yang belum terpapar air lindi maupun aliran yang sudah terpapar aliran air lindi memiliki perbedaan signifikan.

Bibliografi

- Bexeitova, K., Baimenov, A., Varol, E. A., Kudaibergenov, K., Zhantockeyev, U., Sailaukhanuly, Y., Toshtay, K., Tauanov, Z., Azat, S., & Berndtsson, R. (2024). Microplastics in freshwater systems: A review of classification, sources, and environmental impacts. *Chemical Engineering Journal Advances*, 20(September). <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2024.100649>
- Dalila, A. (2024). Analisis Kandungan Mikroplastik Dan Logam Berat Fe , Mn , Dan Cu Pada Sedimen Di Sungai Code. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia
- Gupta, D. K., Choudhary, D., Vishwakarma, A., Mudgal, M., Srivastava, A. K., & Singh, A. (2023). Microplastics in freshwater environment: occurrence, analysis, impact, control measures and challenges. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(6), 6865–6896. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04139-2>
- Kasamesiri, P., Panchan, R., & Thaimuangphol, W. (2023). Spatial–Temporal Distribution and Ecological Risk Assessment of Microplastic Pollution of Inland Fishing Ground in the Ubonratana Reservoir, Thailand. *Water* (Switzerland), 15(2). <https://doi.org/10.3390/w15020330>
- Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J., Lim, C., & Yoon, Y. (2023). Microplastics in water systems : A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon*, 9, 1–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14359>
- Lehmann, A., Leifheit, E. F., Gerdawischke, M., & Rillig, M. C. (2021). Microplastics have shape- and polymer-dependent effects on soil aggregation and organic matter loss – an experimental and meta-analytical approach. *Microplastics and Nanoplastics*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s43591-021-00007-x>
- Li, Y., Tao, L., Wang, Q., Wang, F., Li, G., & Song, M. (2023). Potential Health Impact of Microplastics: A

- Review of Environmental Distribution, Human Exposure, and Toxic Effects [Review-article]. Environment and Health, 1(4), 249–257. <https://doi.org/10.1021/envhealth.3c00052>
- Lozano, Y. M., Lehnert, T., Linck, L. T., Lehmann, A., & Rillig, M. C. (2021). Microplastic Shape, Polymer Type, and Concentration Affect Soil Properties and Plant Biomass. *Frontiers in Plant Science*, 12(February), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.616645>
- Malau, A.R., (2023). Identifikasi Keberadaan Dan Bentuk Mikroplastik Pada Air Sungai Opak, D.I Yogyakarta. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia
- Remediation of Plastic and Microplastic Waste. (2024). In J. K. P. and T. K. Das Surajit Mondal, Papita Das, Arnab Mondal, Subhankar Paul (Ed.), *Remediation of Plastic and Microplastic Waste* (First Edit). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003449133>
- Mondal, S., Das, P., Mondal, A., Paul, S., Pandey, J. K., & Das, T. K. (2024). Remediation of Plastic and Microplastic Waste. In *Remediation of Plastic and Microplastic Waste* (First Edit). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003449133>
- Suardy, N. H., Tahirim, N. A., & Ramli, S. (2020). Analysis and characterization of microplastic from personal care products and surface water in Bangi, Selangor. *Sains Malaysiana*, 49(9), 2237–2249. <https://doi.org/10.17576/jsm-2020-4909-21>
- Utami, I., & Agustina. (2022). Deteksi Pencemaran Mikroplastik pada Air Lindi di TPA Piyungan Yogyakarta Indonesia. *Florea*, 9(1), 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.25273/florea.v%vi%i.11907>
- Utami, I., Resdianningsih, K., & Rahmawati, S. (2022). Temuan Mikroplastik pada Sedimen Sungai Progo dan Sungai Opak Kabupaten Bantul. *Jurnal Riset Daerah*, 22(1), 4175–4184. <https://ojs.bantulkab.go.id/index.php/jrd/article/view/21>
- Utomo, E. A. T., & Muzaki, F. K. (2022). Bioakumulasi Mikroplastik Pada Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Keramba Jaring Apung Ranu Grati, Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 11(5), 26–33.
- Veronica, N. (2021). Microplastics In Freshwater Systems : Characterization , Quantification And [Università Degli Studi Di Milano-BICOCCA]. https://boa.unimib.it/retrieve/e39773b9-1aea-35a3-e053-3a05fe0aac26/phd_unimib_770493.pdf
- Yadav, S., Sauib, S., Bhowmick, S., Gupta, A., Setiadi, T., & Singh, P. C. (2023). Microplastic Sources, Transport, Exposure, Analysis and Removal. In C. Wang, S. Babel, & E. Lichtfouse (Eds.), *Microplastic Occurrence, Fate, Impact, and Remediation* (73rd ed., p. 283). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-36351-1>
- Weisser, J., Pohl, T., Ivleva, N. P., Hofmann, T. F., & Glas, K. (2022). Know What You Don't Know: Assessment of Overlooked Microplastic Particles in FTIR Images. *Microplastics*, 1(3), 359–376. <https://doi.org/10.3390/microplastics1030027>
- Yousafzai, S., Farid, M., Zubair, M., Naeem, N., Zafar, W., Zaman Asam, Z. ul, Farid, S., & Ali, S. (2025). Detection and degradation of microplastics in the environment: a review. *Environmental Science: Advances*, 1142–1165. <https://doi.org/10.1039/d5va00064e>
- Abdillah, M. (2016). An Error Analysis On The Use of Simple Present Tense In Descriptive Text Made By The First Grade Students of SMA Negeri 2 Boyolali In The Academic Year 2014/2015. Universitas Sebelas Maret.
- Fahrudin, A. (2010). *Kupas Tuntas TOEFL*. Diva Press.
- Lestiani, S. A. (2014). An Error Analysis of Using Simple Present Tense in Descriptive Text of the Tenth Grade Students of SMA 1 Gebog Kudus in Academic Year 2013/2014.
- Ningsih, W. (2017). Students' Error in Using Simple Present Tense at the Second Grade of SMK Negeri 3 Medan. *International Journal of Language Learning and Applied Linguistics World*, 15(3), 46–55.
- Sukur, S. G. (2008). *No Title Panduan Penggunaan Tenses dalam Berkommunikasi*. Indonesia Tera.