MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i4.6053

IDENTIFIKASI MIKROPLASTIK JENIS *POLYSTYRENE (PS)* MENGGUNAKAN METODE *WET PEROXIDE OXIDATION (WPO)*

Identification of Polystyrene (PS) Microplastics Using the Wet Peroxide Oxidation (WPO) Method

Sukma Bening Fadli[1], Mawardi[2], Edi Nasra[3]
Universitas Negeri Padang
sbf26maf@gmail.com; mawardianwar@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Apr 17, 2025	May 15, 2025	May 27, 2025	Jun 1, 2025

Abstract

Polystyrene (PS) microplastics from styrofoam waste are persistent contaminants that are difficult to degrade naturally in aquatic environments and require effective extraction methods for analysis and mitigation. This study aims to determine the optimal conditions of Fe(II) concentration and heating temperature in the Wet Peroxide Oxidation (WPO) method for extracting PS microplastics, as well as to identify their functional groups and elemental composition. The method involved treating polluted water samples using WPO solution consisting of Fe(II) as a catalyst and 30% H_2O_2 as an oxidizing agent, with Fe(II) concentrations of 0.075 M, 0.1 M, and 0.125 M, and heating temperatures of 60°C, 75°C, and 90°C. Microplastic identification was conducted using FTIR and XRF instruments. The results showed that the optimal Fe(II) concentration was 0.125 M, yielding 1.27 grams of microplastics, while the optimal temperature was 60°C, yielding 2.58 grams of microplastics. FTIR characterization confirmed the presence of characteristic PS functional groups, including C-H bending of the benzene ring at 753.22 cm^{-1} and

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

aliphatic C-H stretching at 2919.27 cm^{-1}, which were also detected in samples from enclosed environments. XRF analysis under optimal conditions indicated that the elemental composition of the extracted microplastics was not entirely pure due to residual contaminants. These findings confirm the effectiveness of the WPO method for extracting PS microplastics under optimized operational conditions.

Keywords: Microplastics; Polystyrene; Wet Peroxide Oxidation; FTIR; XRF

Abstrak: Mikroplastik jenis *polystyrene* (PS) dari limbah *styrofoam* merupakan kontaminan persisten yang sulit terurai secara alami di lingkungan perairan dan memerlukan metode ekstraksi yang efektif untuk analisis dan mitigasi. Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi optimum variasi konsentrasi larutan Fe(II) dan suhu pemanasan dalam metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) untuk mengekstraksi mikroplastik PS, serta mengidentifikasi gugus fungsi dan unsur penyusunnya. Metode yang digunakan melibatkan perlakuan sampel air tercemar menggunakan larutan WPO yang terdiri atas Fe(II) sebagai katalisator dan H_2O_2 30% sebagai oksidator, dengan variasi konsentrasi Fe(II) sebesar 0,075 M; 0,1 M; dan 0,125 M serta suhu pemanasan 60°C, 75°C, dan 90°C. Identifikasi mikroplastik dilakukan menggunakan instrumen FTIR dan XRF. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi optimum Fe(II) adalah 0,125 M dengan massa mikroplastik sebesar 1,27 gram, sedangkan suhu optimum berada pada 60°C dengan massa mikroplastik sebesar 2,58 gram. Karakterisasi FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus fungsi khas PS, yaitu puncak *C-H bending* cincin benzena pada 753,22 cm^{-1} dan ikatan *C-H stretching* alifatik pada 2919,27 cm^{-1}, yang juga terdeteksi pada sampel di tempat tertutup. Analisis XRF pada kondisi optimum menunjukkan bahwa unsur penyusun mikroplastik belum sepenuhnya murni akibat keberadaan kontaminan residu. Temuan ini menegaskan efektivitas metode WPO dalam mengekstraksi mikroplastik PS dengan kondisi operasi yang telah dioptimalkan.

Kata Kunci: Mikroplastik; *Polystyrene*; *Wet Peroxide Oxidation*; FTIR; XRF

PENDAHULUAN

Pencemaran plastik merupakan masalah global dan sangat berbahaya jika tidak ditangani dengan cara yang tepat dan sistematis (Alfitri et al., 2020; Mulyani et al., 2021; Sinaga et al., 2023). Kepadatan penduduk berdampak terhadap pencemaran lingkungan seperti perairan, sungai, danau, pesisir, udara dan tanah (Hakim, 2019; Khrisnamurti et al., 2017; Rahayu & Mangkoedihardjo, 2022). Salah satu masalah yang timbul adalah besarnya jumlah timbunan sampah yang dihasilkan sehingga menyebabkan lingkungan menjadi tidak sehat (Cahyono & Budi, 2021; Hardiana, 2018; Lestari et al., 2020).

Sampah plastik merupakan sampah sintetis yang sulit terurai (Azis et al., 2024; Farin, 2021). Sampah plastik yang dibuang ke lingkungan berakhir di laut. Proporsi sampah plastik yang mencemari lautan mencapai 60-80% dari total jumlah sampah laut, dan partikel plastik membutuhkan waktu yang lama untuk terurai dan tersimpan di lingkungan laut. Selama

periode ini, jumlah limbah tersebut bertambah dan terakumulasi di dalam air (Astuti & Frimawaty, 2023; Nisaa, 2020).

Mikroplastik merupakan plastik yang berukuran kurang dari 5 mm, yang dapat mengapung atau tenggelam karena kerapatan mikroplastik lebih ringan dari air laut. Mikroplastik tersebut dapat mengganggu rantai makanan dan mencemari perairan (Azizah et al., 2020; Laksono et al., 2021). Partikel mikroplastik dapat tertelan secara tidak sengaja oleh biota laut karena ukurannya yang sangat kecil. Mikroorganisme yang menumpuk mikroplastik dalam jumlah besar dapat menyumbat proses pencernaan sehingga menyebabkan gangguan pencernaan dan kematian. Bentuk mikroplastik yang umum ditemukan di perairan adalah fragmen, fiber, film dan foam (Azizah et al., 2020).

Plastik merupakan senyawa polimer yang disusun oleh monomer-monomer melalui proses polimerisasi (Widiastuti, 2019). Penggunaan plastik yang semakin meningkat mengakibatkan sampah plastik juga meningkat. Fenomena tersebut dapat dilihat dengan banyaknya tumpukan sampah plastik di lingkungan seperti dipermukiman dan perairan. Di perairan plastik akan mengalami proses degradasi menjadi mikroplastik (Ningrum et al., 2022; Wahyudi et al., 2024).

Meningkatnya kekhawatiran terhadap banyaknya mikroplastik di lingkungan, para peneliti berupaya merancang prosedur pembuangan yang berbiaya rendah namun efektif (Nugraha et al., 2024). Ada beberapa metode yang digunakan dalam mengekstraksi mikroplastik dalam air diantaranya sentrifugasi, destruksi gelombang mikro, efek pencernaan enzimatik dan ekstraksi Wet Peroxide Oxidation (WPO). Metode sentrifugasi, destruksi gelombang mikro dan efek pencernaan enzimatik memiliki kekurangan yaitu dapat mendegradasi mikroplastik dan menyebabkan terjadinya deformasi dan pemadatan (Dyachenko et al., 2017). Sedangkan ekstraksi WPO dapat mengekstraksi mikroplastik tanpa mendegradasi mikroplastik, prosedurnya sederhana dan biaya yang relatif murah.

Ekstraksi dengan WPO merupakan metode pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan bantuan pelarut yang sesuai yaitu WPO. Penggunaan pelarut WPO bertujuan untuk mengoksidasi bahan pengotor sehingga proses analisa menjadi mudah. Larutan WPO merupakan campuran antara larutan Fe(II) 0.05 M dan H_2O_2 30%. Larutan Fe(II) berperan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi oksidasi bahan pengotor. Sedangkan Larutan H_2O_2 30% berperan sebagai pengoksidasi bahan pengotor. Selain itu juga digunakan NaCl untuk menambah densitas larutan WPO, sehingga partikel mikroplastik dan

material pengotor dapat terpisah. Selanjutnya partikel mikroplastik dikarakterisasi menggunakan Fourier Transform InfraRed (FTIR) dan X-Ray Fluorescence (XRF) (Maratusholihah et al., 2021).

Meskipun metode **Wet Peroxide Oxidation (WPO)** telah banyak diterapkan dalam penelitian ekstraksi mikroplastik, sebagian besar studi sebelumnya masih terbatas pada identifikasi mikroplastik secara umum tanpa fokus pada jenis tertentu, serta belum dilakukan optimasi terhadap kondisi operasional seperti konsentrasi katalis dan suhu reaksi. Selain itu, keterbatasan pada proses karakterisasi mikroplastik sering kali tidak memperhatikan parameter spesifik yang memengaruhi efisiensi pemisahan dan kemurnian hasil ekstraksi. Padahal, jenis mikroplastik seperti polystyrene (PS) memiliki karakteristik kimia yang khas dan berpotensi tinggi mencemari lingkungan perairan, terutama dari limbah styrofoam yang sulit terurai.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroplastik jenis polystyrene (PS) dari sampel air menggunakan metode Wet Peroxide Oxidation (WPO), serta menentukan kondisi optimum proses ekstraksi melalui variasi konsentrasi larutan Fe(II) dan suhu pemanasan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi dan komposisi unsur mikroplastik PS hasil ekstraksi dengan menggunakan instrumen Fourier Transform Infrared (FTIR) dan X-Ray Fluorescence (XRF), sehingga diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai efektivitas metode WPO dalam mengekstraksi mikroplastik PS secara spesifik dan terkontrol.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium yang bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dari variasi konsentrasi larutan Fe(II) dan suhu pemanasan dalam proses ekstraksi mikroplastik jenis polystyrene (PS) dari limbah styrofoam menggunakan metode Wet Peroxide Oxidation (WPO). Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga April 2024 di Laboratorium Kimia Analitik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Objek penelitian berupa limbah styrofoam jenis PS yang digunakan sebagai bahan utama untuk ekstraksi mikroplastik. Penelitian ini melibatkan tiga jenis variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi larutan Fe(II) sebesar 0,075 M, 0,1 M, dan 0,125 M serta variasi suhu pemanasan yaitu 60°C, 75°C,

dan 90°C. Variabel terikatnya adalah massa mikroplastik PS yang berhasil teridentifikasi dari masing-masing perlakuan, sedangkan variabel kontrol yang dijaga selama proses adalah volume sampel air sebesar 250 mL.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi wadah sampel, saringan mesh no.10, gelas kimia 100 mL dan 250 mL, gelas ukur, labu ukur, oven, hot plate, lemari asam, aluminium foil, corong kaca, kertas saring Whatman, pipet tetes, termometer, neraca analitik, batang pengaduk, kaca arloji, botol semprot, spatula, dan selang plastik. Instrumen karakterisasi yang digunakan adalah FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) untuk identifikasi gugus fungsi dan XRF (X-Ray Fluorescence) untuk analisis unsur penyusun mikroplastik. Bahan-bahan kimia yang digunakan yaitu $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, H_2O_2 30%, H_2SO_4 pekat, NaCl, aquades, serta limbah styrofoam PS. Prosedur kerja dimulai dengan pembuatan larutan Fe(II) pada konsentrasi 0,075 M, 0,1 M, dan 0,125 M masing-masing sebanyak 25 mL. Larutan dibuat dengan menimbang $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ sesuai konsentrasi, melarutkannya dalam aquades, kemudian ditambahkan beberapa tetes H_2SO_4 pekat, dan diencerkan hingga batas labu ukur. Selanjutnya dilakukan preparasi sampel styrofoam, yaitu dengan cara menggerus 24 gram styrofoam lalu membaginya menjadi dua bagian yang direndam dalam air pada wadah berbeda: satu diletakkan di tempat terbuka dan satu di tempat tertutup selama tiga hari. Setelah itu, styrofoam disaring menggunakan saringan mesh no.10 dan kertas saring Whatman, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C.

Untuk proses penentuan kondisi optimum, padatan mikroplastik yang telah dikeringkan ditambahkan masing-masing 20 mL larutan Fe(II) dan 20 mL larutan H_2O_2 30%. Campuran didiamkan selama 5 menit, kemudian dipanaskan hingga suhu 75°C menggunakan hot plate dengan mulut gelas kimia ditutup aluminium foil. Setelah muncul gelembung, larutan dipindahkan ke lemari asam hingga reaksi mereda, lalu dipanaskan kembali pada suhu 60°C, 75°C, dan 90°C selama 30 menit. Setelah proses WPO selesai, larutan ditambahkan NaCl sebanyak 6 gram per 20 mL sampel, lalu dipanaskan hingga larut. Campuran kemudian dibiarkan semalaman dalam corong kaca tertutup aluminium foil. Mikroplastik yang mengapung disaring menggunakan kertas saring Whatman dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C. Massa mikroplastik yang diperoleh dihitung dengan mengurangkan massa kertas saring kosong (W1) dari massa kertas saring yang telah menampung mikroplastik (W2) menggunakan rumus: Wtot = W2 - W1. Karakterisasi terhadap mikroplastik hasil ekstraksi dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi

gugus fungsi khas PS, seperti puncak serapan C-H bending cincin benzena dan C-H stretching alifatik. Selain itu, sampel mikroplastik pada kondisi optimum juga dianalisis menggunakan XRF untuk mengetahui komposisi unsur penyusun dan menilai kemurnian hasil ekstraksi dari kontaminan atau bahan pengotor lainnya.

HASIL

1. Preparasi Sampel Polystyrene (PS) dari Styrofoam

Berat styrofoam yang sudah digerus adalah 24 gram. Styrofoam dibagi menjadi dua kemudian dimasukkan ke dalam wadah yang berbeda dan diletakkan pada dua tempat yang berbeda pula. Pada masing-masing wadah terdapat 12 gram styrofoam yang ditambahkan air sampai semua styrofoam terendam.



*Gambar **1**. Perendaman sampel selama 3 hari*

Styrofoam disaring dengan saringan mesh no.10 dan kertas saring whatman untuk menyaring mikroplastik yang terdapat pada styrofoam lalu dikeringkan dengan cara dioven pada suhu 70^0C.



*Gambar **2**. Pengovenan sampel terbuka dan tertutup*

Styrofoam yang sudah kering ditimbang beratnya dengan neraca analitik, didapatkan hasil pengovenan pada sampel tertutup yaitu 1.1027 gram sedangkan pada sampel terbuka 1.1402 gram.



*Gambar **3**. (a) Berat sampel terbuka dan (b) Berat sampel tertutup*

Adapun hasil perhitungan yang didapatkan dari sampel tertutup dan terbuka sebagai berikut :

Berat kertas saring = 1.0827 gram

Berat sampel pada tempat terbuka = 1,1402 gram

Berat sampel pada tempat tertutup = 1,1027 gram

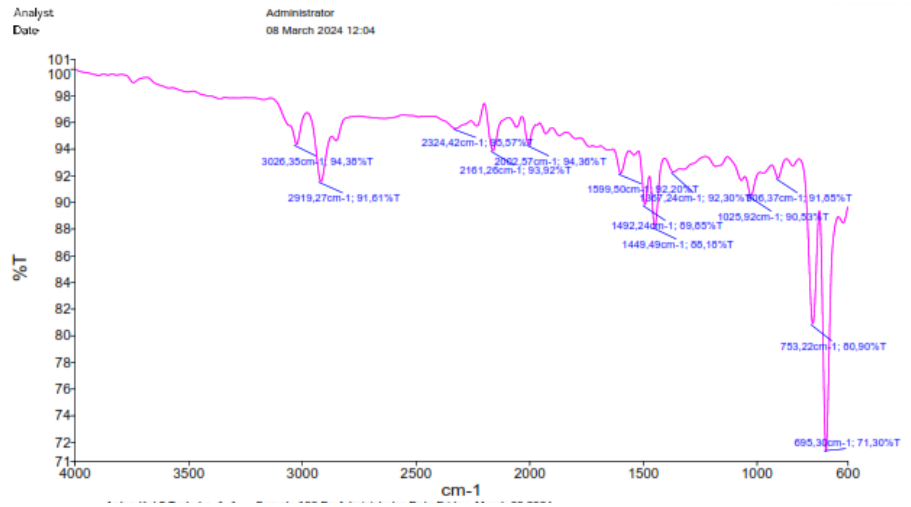
Maka,

Berat mikroplastik pada tempat terbuka = 0,0575 gram

Berat mikroplastik pada tempat tertutup = 0,02 gram

Banyaknya mikroplastik yang diletakkan pada tempat terbuka disebabkan adanya pengotor dari luar yang masuk ketika sampel dijemur dibawah sinar matahari. Sampel yang dijemur dibawah sinar matahari ini tidak ditutup sehingga menyebabkan pengotor mudah masuk.

Mikroplastik yang didapatkan pada tempat terbuka dan tertutup selanjutnya dikarakterisasi dengan spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam styrofoam. Berikut ini hasil karakterisasi mikroplastik yang diletakkan pada tempat terbuka (terkena sinar matahari) :



Gambar 4.Spektrum FTIR sampel terbuka

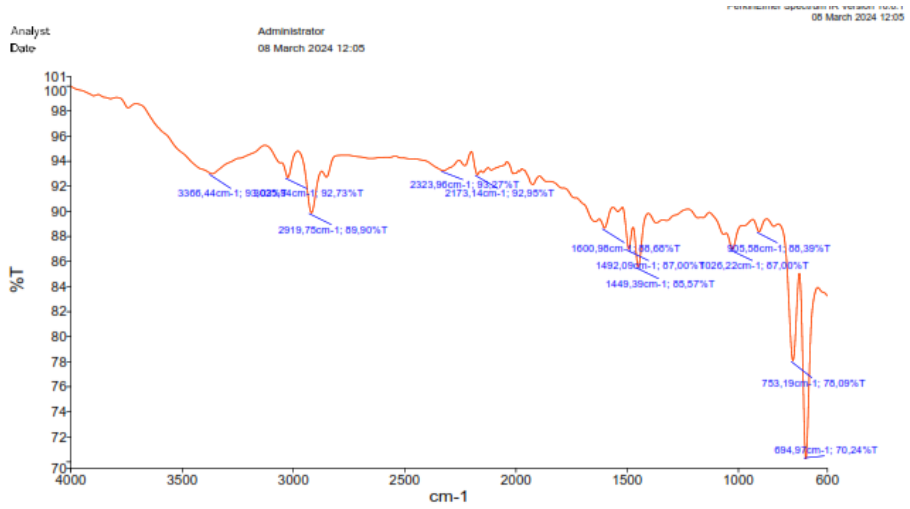
Tabel 1.Bilangan gelombang sampel terbuka

Frekuensi Vibrasi	X (cm^{-1})	Interpretasi
3100-3000	3026,35	C-H stretching
3000-2840	2919,27	C-H stretching
2349	2324,42	O=C=O stretching
2175-2140	2161,26	S-CΞN stretching
2140-1990	2002,57	N=C=S stretching
1650-1580	1599,50	C=C stretching
-	1492,24	C=C stretching
1450-1375	1449, 49	C-H bending
1370-1365	1367,24	C-H bending
1075-1020	1025,92	C-O stretching
915-905	906,37	C=C bending
755 ± 20	753,22	C-H bending
730-665	695,30	C=C bending

Keberadaan mikroplastik polystyrene (PS) ditandai dengan adanya puncak C-H bending cincin benzena hidrogen pada 753,22 cm^{-1} dan ikatan C-H stretching alifatik pada 2919,27 cm^{-1}. Polystyrene memiliki ikatan antara atom karbon dan hidrogen (C-H) yang merupakan ciri khas polimer hidrokarbon dan menunjukkan adanya ikatan C-H yang terkait dengan rantai karbon alifatik dalam struktur polystyrene. Ikatan C=C pada 1492,24 cm^{-1} dan dan 1599,50 cm^{-1}. Monomer stirena memiliki ikatan rangkap dua (C=C) dalam strukturnya pada hasil FTIR sebagai puncak serapan yang terkait dengan vibrasi

ikatan rangkap dua. Hasil ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Al-kadhemy & Rasheed (2013). Dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut merupakan mikroplastik jenis polystyrene (PS).

Sedangkan hasil karakterisasi mikroplastik yang diletakkan pada tempat tertutup:



*Gambar **2**.Spektrum FTIR sampel tertutup*

*Tabel **3**.Bilangan gelombang sampel tertutup*

Frekuensi Vibrasi	X (cm^{-1})	Interpretasi
3400-3300	3366, 44	N-H stretching
3100-3000	3025, 94	C-H stretching
3000-2840	2919,75	C-H stretching
2349	2323,96	O=C=O stretching
2175-2140	2173,14	S-CΞN stretching
1650-1600	1600,98	C=C stretching
-	1492,09	C=C stretching
1450-1375	1449, 39	C-H bending
1250-1020	1026,22	C-N stretching
915-905	905,58	C=C bending
755 ± 20	753,19	C-H bending
730-665	694,97	C=C bending

Sampel tertutup memiliki sedikit perbedaan dibandingkan sampel terbuka. Puncak C-H bending cincin benzena hidrogen pada 753,19 cm^{-1}, ikatan C-H stretching alifatik pada 2919,75 cm^{-1}, serta ikatan C=C pada 1492,09 cm-1 dan 1600,95 cm^{-1}. Dalam hal ini juga dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut merupakan mikroplastik jenis polystyrene (PS).

2. Penentuan Kondisi Optimum

a. Pengovenan Sampel

Padatan mikroplastik yang tertahan pada saringan mesh no. 10 dan keras saring whatman kemudian dioven pada suhu 70°C sampai kering dan ditimbang berat keringnya. Pengovenan ini bertujuan menghilangkan kelembapan atau kadar air pada mikroplastik yang akan digunakan untuk analisis lebih lanjut.

b. Penentuan Kondisi Optimum Konsentrasi Katalis Fe (II)

Setelah pengovenan, gelas kimia yang berisi mikroplastik dan bahan pengotor kemudian ditambahkan larutan Fe(II) (variasi konsentrasi 0,075 M, 0,125 M dan 0,1 M) dan H_2O_2 30% masing masing 20 ml dan sampel didiamkan selama 5 menit dan dipanaskan sampai suhu 75°C diatas hot plate. Pada saat pemanasan, mulut gelas kimia ditutup dengan aluminium foil. Setelah gelembung gas terlihat, larutan dipindahkan ke lemari asam sampai didihan mereda.



*Gambar **3**.Larutan didalam lemari asam*

Kemudian larutan dipanaskan kembali dengan variasi suhu 60°C 75°C, dan 90°C selama 30 menit.



*Gambar **4**.Pemanasan larutan*

Setelah larutan WPO dipanaskan, tambahkan 6 gram NaCl/ 20 ml sampel lalu panaskan sampai suhu 75°C atau sampai garam larut.



*Gambar **5**.Penambahan NaCl ke dalam larutan*

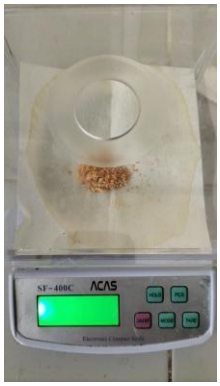
Kemudian larutan dipindahkan ke dalam corong kaca yang ditutup dengan alumunium foil dan didiamkan selama semalaman.



*Gambar **6**.Pemisahan mikroplastik*

Mikroplastik yang mengapung disaring dengan kertas saring whatman, dikeringkan dengan oven pada suhu 70°C dan dihitung massa mikroplastik yang didapatkan.





*Gambar **7**.(a)Penyaringan mikroplastik dan (b)Penimbangan massa mikroplastik*

Tinggi rendahnya konsentrasi larutan Fe(II) pada proses WPO dapat mempengaruhi reaksi oksidasi bahan pengotor oleh H_2O_2. Jika konsentrasi Fe(II) kurang dari nilai optimum maka efisiensi oksidasi bahan pengotor menjadi rendah karena terjadinya kekurangan radikal hidroksil (•OH) (K. Hu et al, 2022*)*. Efisiensi proses fenton meningkat dengan adanya konsentrasi Fe(II), karena konsentrasi radikal hidroksil meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi Fe(II). Reaksi fenton melibatkan reaksi antara H_2O_2 dengan ion Fe^{2+} sebagai katalis untuk menghasilkan radikal hidroksil (•OH) yang sangat reaktif. Senyawa organik dalam mikroplastik akan dioksidasi oleh radikal hidroksil menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah terdegradasi.

$$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow \bullet OH + OH^- + Fe^{3+}$$

$$\bullet OH + C_xH_y \rightarrow H_2O + CO_2 + Q$$

Ion Fe^{2+} dioksidasi oleh H_2O menjadi ion Fe^{3+} membentuk radikal hidroksil (•OH) dan ion hidroksida (OH^-). Radikal hidroksil inilah yang berperan untuk mengoksidasi bahan pengotor (C_xH_y) membentuk air (H_2O), karbondioksida (CO_2) dan residu bahan pengotor (Q) (Tehrani-Bagha & Balchi, 2018).

Berikut ini massa mikroplastik polystyrene (PS) yang didapatkan pada variasi konsentrasi Fe (II) :

Tabel ***4****.Massa mikroplastik variasi konsentrasi Fe(II)*

No	Konsentrasi Fe (II)	W_1	W_2	Wt_{ot} W_2- W_1
1.	0,075 M	1,04 g	2,28 g	1,16 g
2.	0,1 M	1,04 g	2,31 g	0,72g
3.	0,125 M	1,04 g	1,76 g	1,27 g

Keterangan :

Massa mikroplastik awal = 1,5 gram

W_{tot} = Total massa mikroplastik

W_1 = Massa kertas saring whatman kosong

W_2 = Massa kertas saring + mikroplastik

Massa mikroplastik maksimum diperoleh pada konsentrasi Fe(II) 0,125 M yaitu 1,27 gram. Hal ini menunjukkan bahwa massa mikroplastik mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi Fe(II). Penurunan hasil massa mikroplastik pada konsentrasi 0,1M disebabkan adanya reaksi antara ion Fe(II) berlebih dengan radikal hidroksil yang terbentuk sehingga mengurangi ketersediaan radikal hidroksil untuk oksidasi senyawa organik/anorganik. Ketika konsentrasi Fe(II)/ ion Fe berlebih maka akan terjadi reaksi regenerasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} (Dincer et al., 2008). Ion Fe akan bereaksi dengan H_2O_2 membentuk $HO^{\cdot}{}_2$ (radikal hidroperoksil).

$$Fe^{3+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{2+} + H^+ + \bullet OOH$$

Radikal hidroperoksil (•OOH) adalah radikal yang kurang reaktif sehingga reaksinya dalam mengoksidasi bahan pengotor tidak maksimum (Paramaeshela et al., 2019), Ketika reaksi oksidasi bahan pengotor tidak maksimum maka massa mikroplastik yang didapatkan berkurang dikarenakan bahan pengotor masih menempel pada mikroplastik yang menyebabkan mikroplastik ikut mengendap. Sementara itu konsentrasi Fe(II) yang rendah juga akan mengurangi massa mikroplastik dikarenakan produksi radikal hidroksil yang berkurang (I. N. Tamas, 2017).

Besarnya massa mikroplastik yang didapatkan daripada massa mikroplastik awal yang digunakan disebabkan sampel yang digunakan belum murni secara sempurna, masih banyaknya pengotor yang terdapat pada sampel.

Pemanasan dalam proses Wet Peroxide Oxidation (WPO) bertujuan meningkatkan laju reaksi oksidasi senyawa organik oleh radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi antara Fe(II) dan H_2O_2. Suhu memiliki efek yang positif dalam penghilangan senyawa organik/anorganik pada pengolahan menggunakan fenton terhadap sampel air mikroplastik (I. N. Tamas, 2017). Suhu reaksi dapat mempengaruhi efisiensi oksidasi mikroplastik. Pemanasan ini sangat mempengaruhi massa mikroplastik yang didapatkan karena tinggi rendahnya suhu pemanasan berperan dalam pembentukan radikal hidroksil (laju reaksi fenton). Semakin tinggi suhu reaksi maka laju reaksi fenton semakin tinggi (Reyhani et al., 2019)

$$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow \bullet OH + OH^- + Fe^{3+}$$

$$\bullet OH + C_xH_y \rightarrow H_2O + CO_2 + Q$$

Ion Fe^{2+} dioksidasi oleh H_2O menjadi ion Fe^{3+} membentuk radikal hidroksil (•OH) dan ion hidroksida (OH^-). Radikal hidroksil inilah yang berperan untuk mengoksidasi bahan pengotor (C_xH_y) membentuk air (H_2O), karbondioksida (CO_2) dan residu bahan pengotor (Q) (Tehrani-Bagha & Balchi, 2018).

Berikut ini massa mikroplastik polystyrene (PS) yang didapatkan pada variasi suhu pemanasan :

*Tabel **5**.Massa mikroplastik variasi suhu pemanasan*

No	Suhu	W_1	W_2	Wt_{ot} W_2- W_1
1.	60^0C	1,04 g	3,62 g	2,58 g
2.	75^0C	1,04 g	3,17 g	2,13 g
3.	90^0C	1,04 g	3,62 g	2,46 g

Keterangan :

Massa mikroplastik awal = 1,5 gram

W_{tot} = Total massa mikroplastik

W_1 = Massa kertas saring whatman kosong

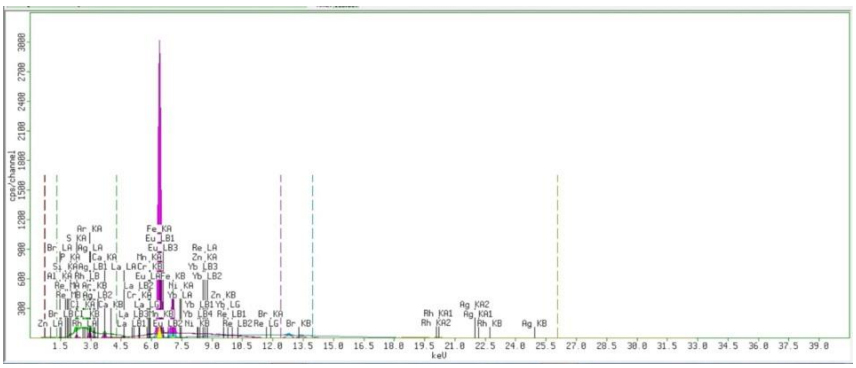
W_2 = Massa kertas saring + mikroplastik

Massa mikroplastik maksimum diperoleh saat suhu pemanasan 60℃ yaitu 2,58 gram dan mengalami penurunan pada suhu 75℃ dan 90℃. Penurunan hasil massa mikroplastik disebabkan suhu yang tinggi dapat memicu degradasi pada polimer, termasuk mikroplastik dan menyebabkan dekomposisi hidrogen peroksida yang tidak efisien. Suhu pemanasan yang lebih tinggi membuat larutan akan mendidih hebat, tidak hanya bahan pengotor yang dioksidasi tetapi mikroplastik juga ikut teroksidasi sehingga mikroplastik menjadi rusak.

Besarnya massa mikroplastik yang didapatkan daripada massa mikroplastik awal yang digunakan disebabkan sampel yang digunakan belum murni secara sempurna, masih banyaknya pengotor yang terdapat pada sampel.

3. Karakterisasi Mikroplastik Menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence)

X-Ray Fluorescence (XRF) adalah teknik analisis menggunakan interaksi sinar-X dengan suatu bahan yang bertujuan menentukan komposisi unsur penyusun mikroplastik polystyrene (PS). Berikut ini hasil data XRF dari kedua sampel yaitu polystyrene (PS) pada kondisi optimum konsentrasi 0,125 M dan kondisi optimum suhu pemanasan 60^0C.



*Gambar **8**.Spekrum XRF mikroplastik*

Hasil data XRF polystyrene (PS) pada kondisi optimum konsentrasi 0,125 M dan kondisi optimum suhu pemanasan sebagai berikut :

*Tabel **6**.(a)Data XRF penyusun mikroplastik PS kondisi optimum konsentrasi Fe (II) (b) Data XRF penyusun mikroplastik PS kondisi optimum suhu pemanasan*

Unsur	Konsentrasi (%)
Al	5,737
Si	1,146
P	4,596
S	43,169
Cl	0,174
Ca	3,905
Cr	0,022
Mn	0,124
Fe	37,317
Ni	0,015
Zn	0,077
Br	0,067
Ag	3,467

La	0,089
Eu	0,064
Yb	0,031
Re	0

Unsur	Konsentrasi (%)
Al	3,028
P	11,217
Cl	0,067
Ca	5,213
Mn	0,251
Fe	79,588
Ni	0,155
Zn	0,224
Eu	0,117
Re	0

Tabel tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi (%) unsur dari sampel yang di uji terlihat masih besar dikarenakan mikroplastik yang teridentifikasi belum murni. Konsentrasi (%) unsur dari kedua sampel mengalami kenaikan dan penurunan. Hal ini disebabkan mikroplastik dapat menyerap dan melepas bahan kimia pada lingkungan. Penurunan konsentrasi unsur pada sampel optimum terjadi karena unsur teroksidasi saat destruksi bahan pengotor. Semua proses ekstraksi mikroplastik dari air termasuk wet peroxide oxidation (WPO) tidak bereaksi terhadap plastik tetapi merusak dan menyebabkan sedikit pengikisan terhadap polimer plastik tersebut (P. Pfohl et al., 2021).

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroplastik jenis polystyrene (PS) yang berasal dari limbah styrofoam menggunakan metode Wet Peroxide Oxidation (WPO), serta menentukan kondisi optimum proses ekstraksi melalui variasi konsentrasi katalis Fe(II) dan suhu pemanasan. Mikroplastik yang berhasil diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR untuk mengetahui gugus fungsional, dan XRF untuk mengetahui komposisi unsur penyusunnya.

Hasil awal menunjukkan bahwa massa mikroplastik yang diperoleh dari sampel yang diletakkan pada tempat terbuka (0,0575 g) lebih tinggi dibandingkan dengan sampel tertutup (0,02 g). Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat kontaminasi dari lingkungan sekitar ketika proses penjemuran dilakukan tanpa penutup, sehingga meningkatkan berat hasil akhir. Temuan ini diperkuat dengan hasil FTIR, di mana kedua sampel menunjukkan puncak-puncak serapan khas polystyrene seperti ikatan C–H stretching alifatik pada bilangan gelombang sekitar 2919 cm^{-1}, C=C stretching pada 1492 cm^{-1} dan 1599 cm^{-1}, serta C–H bending aromatik pada sekitar 753 cm^{-1}. Keberadaan gugus-gugus tersebut mengonfirmasi bahwa senyawa utama yang berhasil diisolasi dari styrofoam adalah polystyrene, sesuai dengan temuan Al-Kadhemy dan Rasheed (2013) yang menyebutkan bahwa gugus aromatik tersebut merupakan ciri khas dari struktur stirena sebagai penyusun utama PS.

Optimasi konsentrasi Fe(II) menunjukkan bahwa konsentrasi 0,125 M menghasilkan massa mikroplastik tertinggi sebesar 1,27 gram. Konsentrasi ini dianggap paling efisien dalam menghasilkan radikal hidroksil (•OH) yang berperan dalam oksidasi bahan pengotor. Pada konsentrasi 0,1 M, massa mikroplastik justru menurun karena kemungkinan terjadinya reaksi antara Fe(II) berlebih dengan radikal hidroksil yang terbentuk, membentuk radikal hidroperoksil (•OOH) yang kurang reaktif. Hal ini sejalan dengan penelitian Fauzi & Tuhu Agung (2018) yang menjelaskan bahwa efisiensi reaksi Fenton sangat dipengaruhi oleh konsentrasi Fe(II); jika terlalu rendah radikal tidak terbentuk optimal, jika terlalu tinggi dapat mengonsumsi radikal aktif tersebut.

Suhu pemanasan juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi ekstraksi. Suhu 60°C menghasilkan massa mikroplastik tertinggi sebesar 2,58 gram, sedangkan pada suhu 75°C dan 90°C, hasilnya menurun. Penurunan ini dapat disebabkan oleh dekomposisi hidrogen peroksida yang terlalu cepat pada suhu tinggi serta kemungkinan terjadinya degradasi termal pada struktur mikroplastik. Hasil ini sesuai dengan temuan Pamungkas et al. (2023) yang menjelaskan bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat laju reaksi namun juga menyebabkan kerusakan pada struktur polimer.

Karakterisasi unsur menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) menunjukkan bahwa mikroplastik yang diekstraksi masih mengandung unsur-unsur logam seperti Fe, Al, P, dan Ca dalam konsentrasi yang signifikan. Tingginya konsentrasi unsur ini, khususnya Fe, menunjukkan bahwa sisa katalis dan bahan pengotor masih tertinggal dalam sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil ekstraksi belum sepenuhnya murni. Fenomena ini sesuai

dengan penelitian Pamungkas et al. (2023) yang menyebutkan bahwa mikroplastik memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan senyawa kimia dari lingkungannya tergantung pada kondisi fisikokimia selama proses berlangsung.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung efektivitas metode WPO sebagai teknik ekstraksi mikroplastik jenis PS dari limbah styrofoam. Spektrum FTIR dan data XRF memberikan bukti kuat bahwa struktur kimia polystyrene tetap dapat dikenali meskipun telah melalui proses oksidasi kimia. Penelitian ini juga memperkuat temuan sebelumnya oleh Elfiana & Fuadi (2016) yang menegaskan bahwa metode oksidasi berbasis Fenton dapat digunakan untuk mengeliminasi kontaminan organik tanpa merusak total struktur mikroplastik. Namun demikian, hasil menunjukkan bahwa pengaruh faktor lingkungan dan kondisi reaksi sangat menentukan kemurnian dan kuantitas mikroplastik yang diperoleh.

Sebagai implikasi, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan metode kimiawi untuk ekstraksi mikroplastik yang lebih efisien dan terukur. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan metode pemurnian lanjutan seperti pencucian dengan pelarut atau proses filtrasi lanjutan untuk mengurangi kandungan logam sisa. Selain itu, karakterisasi lanjutan menggunakan SEM untuk melihat morfologi mikroplastik serta uji termal menggunakan TGA/DSC dapat menambah informasi penting mengenai stabilitas mikroplastik hasil ekstraksi. Uji coba metode ini terhadap sampel lingkungan seperti air sungai atau air limbah juga direkomendasikan untuk menguji validitas metode dalam skala yang lebih aplikatif.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) efektif digunakan untuk mengekstraksi mikroplastik jenis *polystyrene* (PS) dari limbah *styrofoam*. Kondisi optimum untuk proses ekstraksi diperoleh pada konsentrasi Fe(II) sebesar 0,125 M dan suhu pemanasan 60°C, yang masing-masing menghasilkan mikroplastik sebesar 1,27 gram dan 2,58 gram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efisiensi reaksi oksidasi terhadap pengotor meningkat secara signifikan pada kondisi tersebut, seiring terbentuknya radikal hidroksil (•*OH*) dalam sistem reaksi Fenton. Analisis spektrum menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas *polystyrene*, seperti *C–H stretching*, *C=C stretching*, dan *C–H bending* aromatik, yang memperkuat bahwa mikroplastik hasil ekstraksi merupakan turunan langsung dari senyawa stiren aromatik. Sementara itu,

analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan keberadaan unsur logam seperti Fe, Al, dan Ca dalam jumlah yang relatif tinggi, mengindikasikan bahwa hasil ekstraksi belum sepenuhnya murni.

Secara ilmiah, temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode kimia ramah lingkungan untuk ekstraksi mikroplastik dari bahan polimer komersial. Metode WPO terbukti mampu memisahkan mikroplastik dari matriks pengganggu tanpa merusak struktur kimia utamanya secara signifikan. Hal ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis reaksi Fenton dapat diadaptasi untuk pengolahan limbah plastik yang kompleks, khususnya untuk mendukung riset mikroplastik yang memerlukan isolasi partikel dengan integritas struktural tinggi.

Penelitian ini secara langsung menjawab permasalahan terkait keterbatasan metode ekstraksi mikroplastik yang ramah lingkungan dan efisien, terutama dari sumber polimer padat seperti *styrofoam*. Dengan mengonfirmasi bahwa metode WPO mampu menghasilkan mikroplastik *polystyrene* yang dapat diidentifikasi secara kimiawi, sekaligus mengungkap adanya kontaminan sisa reaksi, penelitian ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas sekaligus tantangan teknis yang masih harus diatasi dalam proses pemurnian lanjutan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan proses pemurnian tambahan, seperti pencucian menggunakan pelarut organik, filtrasi lanjutan, atau metode sentrifugasi, guna meningkatkan kemurnian mikroplastik yang diperoleh. Karakterisasi tambahan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) serta analisis termal melalui *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) direkomendasikan untuk memberikan pemahaman lebih dalam mengenai morfologi dan stabilitas termal mikroplastik hasil ekstraksi. Selain itu, penerapan metode WPO pada sampel lingkungan nyata, seperti air sungai atau air limbah domestik, diperlukan untuk menguji efektivitas dan skalabilitas metode ini dalam konteks lingkungan yang lebih kompleks dan relevan.

DAFTAR PUSTAKA

Alfitri, A., Helmi, H., Raharjo, S., & Afrizal, A. (2020). Sampah Plastik sebagai Konsekuensi Modernitas dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Sosiologi Andalas*, *6*(2), 122–130. https://doi.org/10.25077/jsa.6.2.122-130.2020

Astuti, A., & Frimawaty, E. (2023). Dwiyitno.(2023). Karakteristik Sampah Sungai dan Perilaku Masyarakat Pesisir Terhadap Sampah Plastik di Kabupaten Cirebon: Studi

Kasus di Sungai Pengarengan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *21*(1), 76–85. https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jil/article/view/39386

Azis, M. M., Husni, F., Syah, U., Rahmawati, S., Salsabila, S., Riska, R., Alaina, S., Nasution, A., Aminah, S., & Sufriadi, S. (2024). Pemanfaatan Ulang Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku dalam Pembuatan Eco-Paving Blok Kampung Gosong Telaga Timur, Kecamatan Singkil Utara, Kabupaten Aceh Singkil. *Jurnal Ragam Pengabdian*, *1*(3), 121–131. https://jurnal.umuslim.ac.id/index.php/ragam/article/view/2624

Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, *9*(3), 326–332. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/28646

Cahyono, B. D., & Budi, K. S. (2021). Pelatihan Pengelolaan Sampah Melalui Bank Sampah di Desa Madyopuro Malang. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, *1*(2), 401–406. https://ejournal.umm.ac.id/index.php/j-abi/article/view/17458

Elfiana, E., & Fuadi, A. (2016). EFEKTIFITAS PROSES AOP BERBASIS H2O2 DALAM MENGHILANGKAN WARNA AIR GAMBUT BERDASARKAN PARAMETER KONSENTRASI ZAT ORGANIK. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *5*(2), 45–60. http://ojs.unimal.ac.id/jtk/article/view/292

Farin, S. E. (2021). Penumpukan sampah plastik yang sulit terurai berperngaruh pada lingkungan hidup yang akan datang. *Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin*, *30*.

Fauzi, A. R., & Tuhu Agung, R. (2018). Kombinasi fenton dan fotokatalis sebagai alternatif pengolahan limbah batik. *Jurnal Envirotek*, *10*(1), 37–45. https://jurnal.umj.ac.id/index.php/envirotek/article/view/3642

Hakim, M. Z. (2019). Pengelolaan dan pengendalian sampah plastik berwawasan lingkungan. *Amanna Gappa*, 111–121. https://ejournal.iainpalopo.ac.id/index.php/ag/article/view/822

Hardiana, D. (2018). Perilaku Masyarakat dalam Menjaga Kebersihan Lingkungan Pantai Kecamatan Sasak Ranah Pasisie Kabupaten Pasaman Brat. *Jurnal Buana*, *2*(2), 495. https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/BUANA/article/view/353

Khrisnamurti, K., Utami, H., & Darmawan, R. (2017). Dampak Pariwisata terhadap Lingkungan di Pulau Tidung Kepulauan Seribu. *Kajian*, *21*(3), 257–273. https://jurnal.dpr.go.id/index.php/kajian/article/view/1208

Laksono, O. B., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Bandengan Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, *10*(2), 158–164. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/30273

Lestari, P. W., Septaria, B. C., & Putri, C. E. (2020). Edukasi "minim plastik" sebagai wujud cinta lingkungan di SDN Pejaten Timur 20 Pagi. *Transformasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *16*(1), 43–52. https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Transformasi/article/view/5865

Mulyani, I., Putri, E. S., Muliadi, T., & Ayunda, H. M. (2021). Upaya pengendalian sampah plastik di lingkungan sekolah dasar. *Indonesian Journal Of Community Service*, *1*(1), 111–114. https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/ijcs/article/view/6048

Ningrum, I. P., Sa'adah, N., & Mahmiah, M. (2022). Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen di Gili Ketapang, Probolinggo. *Journal of Marine Research*, *11*(4), 785–793. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/32474

Nisaa, A. F. (2020). Kebijakan Pengelolaan sampah Plastik di indonesia: Studi Kasus kota Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, *20*(1), 15–27. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/purifikasi/article/view/29914

Nugraha, R., Varlitya, C. R., Judijanto, L., Adiwijaya, S., Suryahani, I., Murwani, I. A., Sopiana, Y., Boari, Y., Kartika, T., & Fatmah, F. (2024). *Green Economy: Teori, Konsep, Gagasan Penerapan Perekonomian Hijau Berbagai Bidang di Masa Depan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Pamungkas, S. A., Puspita, I. D., & Ustadi, U. (2023). Pengaruh Ph, Suhu Dan Jenis Substrat Terhadap Aktivitas Kitinase Bacillus sp. RNT9. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, *19*(1), 29–39. https://journal.ipb.ac.id/index.php/saintekperikanan/article/view/45540

Rahayu, D. R., & Mangkoedihardjo, S. (2022). Kajian bioaugmentasi untuk menurunkan konsentrasi logam berat di wilayah perairan menggunakan bakteri (studi kasus: pencemaran merkuri di sungai krueng sabee, Aceh Jaya). *Jurnal Teknik ITS*, *11*(1), F15–F22. https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/46899

Sinaga, P., Harefa, M. S., Siburian, P. A., & Aisyah, S. (2023). Konsep Penanggulangan Sampah di Wilayah Ekosistem Hutan Mangrove Belawan Sicanang dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *J-CoSE: Journal of Community Service & Empowerment*, *1*(1), 1–9. https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jcose/article/view/728

Wahyudi, M. D. R., Nuryady, M. M., Susetyarini, R. E., Zaenab, S., Fauzi, A., Permana, T. I., Oikawa, Y., & Martha, K. (2024). Perbedaan Keragaman Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Tiga Anak Sungai Brantas. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *13*(3), 497–507. https://e-journal.unair.ac.id/JST/article/view/50944

Widiastuti, N. L. G. K. (2019). Pendidikan Sains Terintegrasi Keterkaitan Konsep Ikatan Kimia Dengan Berbagai Bidang Ilmu. *Widya Accarya*, *10*(2). https://ejournal.ihdn.ac.id/index.php/Widya/article/view/1631