

Optimasi Konsentrasi Larutan H₂O₂ Pada *Wet Peroxide Oxidation (WPO)* untuk Identifikasi Mikroplastik *Polyethylene (PE)*

Jumadil Khairi¹, Indang Dewata²

^{1,2}Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: jumadil.khairi1106@gmail.com, indangdewata@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Identifikasi mikroplastik dapat dilakukan menggunakan metode ekstraksi dengan penambahan *Wet Peroxide Oxidation (WPO)* yang memanfaatkan hidrogen peroksida (H₂O₂) dan katalis Fe²⁺. Mikroplastik jenis PE banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, yang mencemari lingkungan perairan dan berbahaya jika tertelan oleh makhluk hidup. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dalam metode identifikasi mikroplastik menggunakan WPO dengan memvariasikan konsentrasi larutan H₂O₂ 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Hasil dari penelitian ini didapatkan kondisi optimum konsentrasi larutan H₂O₂ pada konsentrasi 30%. Karakterisasi mikroplastik menggunakan mikroskop didapatkan bentuk mikroplastik jenis PE yaitu fragment dan fiber. Pengujian menggunakan FTIR terdapat ciri khas gugus fungsi polimer PE yaitu terdapat gugus C-H dan CH₂.

Kata kunci: *Ekstraksi, Hidrogen Peroksida, Mikroplastik, Polietilen, WPO*

Abstract

Microplastic identification can be done using an extraction method with the addition of *Wet Peroxide Oxidation (WPO)* which utilizes hydrogen peroxide (H₂O₂) and Fe²⁺ catalysts. PE microplastics are found in everyday life, which pollute the aquatic environment and are dangerous if ingested by living things. This study aims to determine the optimum conditions in the microplastic identification method using WPO by varying the concentration of H₂O₂ solution 20%, 25%, 30%, 35%, and 40%. The results of this study obtained the optimum condition of H₂O₂ solution concentration at 30% concentration. Characterization of microplastics using microscopy obtained the shape of PE microplastics, namely fragments and fibers. The identification results using FTIR found C-H and CH₂ as a characteristic functional group of PE polymers.

Keywords : *Extraction, Hydrogen Peroxide, Microplastics, Polyethylene, WPO*

PENDAHULUAN

Mikroplastik merupakan fragmen plastik berukuran sangat kecil yang sudah mengalami degradasi, dengan diameter partikel kurang dari 5 mm. Mikroplastik mampu mengakumulasi dalam jumlah yang substansial dalam air laut dan lapisan sedimen (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Karakteristik umum mikroplastik serta ketersediaannya dalam jumlah besar di laut memungkinkannya menjadi pakan bagi organisme air, karena ukurannya yang sangat kecil yang mengakibatkan organisme laut dapat mengambil mikroplastik sebagai bagian dari makanan mereka (Li *et al.*, 2016).

Klasifikasi mikroplastik didasarkan pada ciri morfologinya, termasuk ukuran, bentuk, dan warna. Ukuran menjadi faktor yang signifikan dalam hal dampaknya terhadap organisme. Besarnya luas permukaan dibandingkan dengan volume partikel yang kecil mengakibatkan mikroplastik memiliki potensi untuk secara cepat melepaskan bahan kimia (Lusher *et al.*, 2013).

Polyethylene (PE) adalah salah satu dari kelompok polyolefin yang paling umum digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai jenis peralatan rumah tangga dan kemasan, termasuk kemasan untuk makanan, minuman, dan produk kosmetik. Fleksibilitas penggunaannya yang meluas dapat diatribusikan pada berbagai sifat yang berguna dari polimer ini, termasuk ketahanan terhadap zat kimia dan tahan benturan yang baik, kemampuan mudah membentuk dan mencetak, bobot ringan, dan biaya produksi yang terjangkau (Hendri *et al.*, 2010).

Plastik sangat serbaguna bagi manusia, sehingga menciptakan ancaman yang muncul terhadap lingkungan. Secara global hanya 18% sampah plastik yang didaur ulang dan 24% dibakar, sisanya 58% adalah baik ditimbun atau memasuki lingkungan alam, di mana plastik menumpuk dan bertahan untuk jangka waktu yang lama (Nuelle *et al.*, 2014).

Metode *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) telah banyak dan sukses digunakan dalam penelitian mikroplastik jenis polietilen, polipropilena, klorida polivinil, dan polistirena dalam sampel air permukaan dan sediment (Dyachenko *et al.*, 2017). *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) adalah proses mendegradasi kontaminan organik atau anorganik, dimana menggunakan campuran larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan larutan Fe^{2+} atau disebut reagen fenton (Lesa *et al.*, 2021).

WPO adalah reaksi yang dapat dilakukan sendiri hanya dengan menggunakan H_2O_2 . Sebagai pendekatan alternatif, telah diajukan untuk menggunakan katalis besi (Fe^{2+}) untuk menurunkan suhu reaksi yang digunakan dalam oksidasi dengan H_2O_2 . Penghilangan bahan organik dengan reagen Fenton adalah metode yang sering digunakan untuk memisahkan polimer yang strukturalnya kurang tahan dengan kerusakan minimal karena menawarkan hasil yang lebih tinggi pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan WPO (Hurley *et al.*, 2018).

Identifikasi positif mikroplastik dengan pemeriksaan visual, kriteria yang disarankan paling cocok untuk mikroplastik dalam rentang ukuran 0,5 – 5 mm (Crawford & Quinn, 2017). Identifikasi mikroplastik terdiri dari identifikasi secara fisik menggunakan mikroskop (Song *et al.*, 2015). Mikroskop digunakan untuk melihat

benda yang berukuran sangat kecil untuk dilihat dengan mata telanjang manusia (Meschede, 2017).

Analisa suatu struktur polimer umumnya banyak diuji Menerapkan Fourier Transform Infrared (FTIR). Karakteristik polimer secara besar dipengaruhi oleh gugus fungsional dalam bahan pembentuknya. Dengan memanfaatkan pendekatan ini, kita dapat mendapatkan wawasan kimia yang melibatkan struktur serta reaksi kimia dari suatu polimer (Bakhtiar, 2014). Analisa yang menggunakan FTIR dilakukan untuk mendeteksi vibrasi suatu ikatan dari gugus fungsi yang spesifik pada senyawa PE (Warni & Dewata, 2021).

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Botani Universitas Negeri Padang dari bulan September hingga November 2023. Objek penelitian ini menggunakan plastik sintesis jenis PE dari limbah botol PE kemasan *body lotion* sebagai objek untuk penentuan kondisi optimum untuk mengidentifikasi adanya mikroplastik PE. Limbah botol PE kemasan *body lotion* dipreparasi menjadi mikroplastik PE dan dilakukan proses perendaman di air lebih kurang selama 3 bulan di lingkungan terbuka yang terkena sinar matahari untuk menyerupai kondisi mikroplastik yang berada di lingkungan.

Sampel air mikroplastik PE yang telah di preparasi diaduk sampai homogen dan diambil sebanyak 250 mL. Saring menggunakan saringan mesh no. 100 dan saringan mesh no. 18. Sampel kemudian di oven. Sampel yang telah di oven di tambahkan larutan H_2O_2 dengan variasi konsentrasi, kemudian tambahkan larutan katalis Fe^{2+} . Pembuatan larutan katalis Fe^{2+} dari $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ yang di homogenkan dengan sedikit aquadest dan ditambahkan sedikit H_2SO_4 . Diamkan dalam lemari asam sampai gelembung gas hilang dan dididih mereda. Sampel kemudian di panaskan diatas hot plate stirer hingga suhu $75^\circ C$ selama 30 menit. Tambahkan NaCl untuk pemisah padatan dan aduk sampai garam larut. Pindahkan larutan sampel ke corong pemisah dan tutup longgar dengan aluminium foil, lalu biarkan selama semalaman. Periksa secara visual padatan yang mengendap dan mikroplastik yang mengapung ke permukaan untuk mengetahui adanya mikroplastik. Kumpulkan mikroplastik yang terapung ke dalam kertas saring whatman, lalu buang endapan larutan sampel. Pindahkan kertas saring ke cawan petri. Identifikasi mikroplastik PE menggunakan mikroskop dan FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

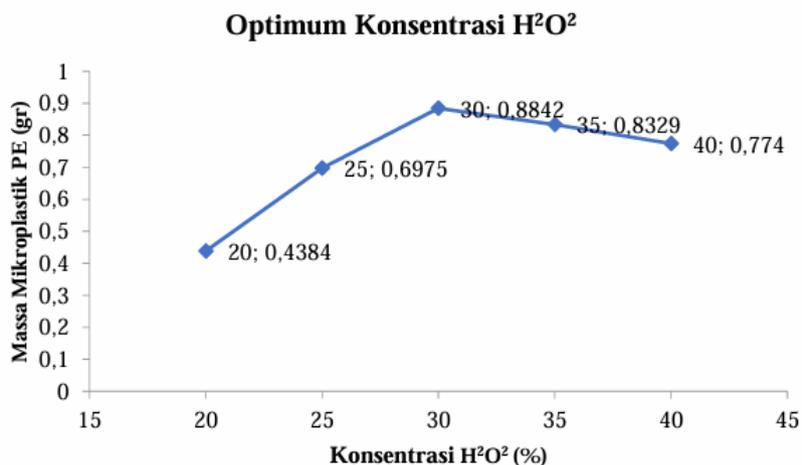
Beberapa peneliti mikroplastik melakukan pembuatan simulasi proses degradasi plastik menjadi mikroplastik. Proses ini bias juga disebut proses weathering, dimana proses ini dilakukan dengan mempreparasi sampel plastic yang berukuran besar menjadi lebih kecil atau yang bias disebut mikroplastik, sehingga menyerupai bentuk ukuran yang biasa di temukan di lingkungan (Reza *et al.*, 2020). Pada penelitian ini mikrolastik PE yang digunakan diambil dari polimer sintetik yang berasal dari botol hand body. Polimer ini merupakan salah satu jenis polimer yang paling banyak

digunakan untuk pembuatan kantong plastik, plastik kemasan makanan dan minuman, kemasan skincare dan lainnya. Plastik dengan jenis polimer ini paling sering ditemukan dalam sampel lingkungan (Jarosz *et al.*, 2022).

Identifikasi sampel yang telah di preparasi dilihat secara visual dari kekeruhan, warna air dan bau yang ditimbulkan serta indikasi lainnya dan ditandai dengan perubahan sifat kimia air dimana air telah mengandung bahan kimia yang beracun dan berbahaya seperti adanya logam berat. Sampel yang direndam semakin lama mengalami kekeruhan, dipengaruhi oleh warna air karena semakin dalam penetrasi sinar matahari dapat menembus lapisan air. Kekeruhan dalam air juga bisa disebabkan adanya zat tersuspensi seperti tanah, zat organik, plankton, lumut, dan zat-zat halus lainnya (Wijayanti, 2022).

Variasi konsentrasi dilakukan untuk menentukan konsentrasi optimum yang dibutuhkan H_2O_2 untuk mengoksidasi kontaminan yang ada pada mikroplastik PE. H_2O_2 merupakan oksidator yang mampu mendegradasi kontaminan organik dan anorganik lebih efisien tanpa merusak polimer mikroplastik. H_2O_2 akan dibantu dengan Fe^{2+} sebagai katalis untuk menginisiasi terbentuknya radikal hidroksil ($\cdot OH$) dalam proses Wet Peroxide Oxidation (WPO) untuk mendegradasi senyawa pengotor yang ada pada mikroplastik, dimana menggunakan campuran larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan larutan Fe^{2+} disebut sebagai reagen fenton (Lesa *et al.*, 2021).

Pada penelitian untuk proses WPO dilakukan variasi konsentrasi larutan H_2O_2 dengan konsentrasi 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Berikut grafik massa mikroplastik PE terhadap pengaruh konsentrasi H_2O_2 :



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi H_2O_2 terhadap mikroplastik PE

Pada grafik gambar 9, terlihat bahwa reaksi katalis Fe^{2+} dengan kenaikan konsentrasi H_2O_2 sangat mempengaruhi degradasi kontaminan organik dan anorganik. Berdasarkan grafik diatas, konsentrasi H_2O_2 terus meningkat dari 20 %-30 %, dengan

menghasilkan mikroplastik PE terbanyak pada konsentrasi 30 % dengan massa 0,8842 gram. Hal itu terjadi karena kombinasi Fe^{2+} dan H_2O_2 harus seimbang supaya menghasilkan pengolahan yang optimum (Sari *et al.*, 2021).

Selama proses Fenton, beberapa variable penting seperti konsentrasi H_2O_2 dan Fe^{2+} akan mempengaruhi efisiensi oksidasi fenton dan juga dapat berinteraksi satu sama lain. Secara umum, efisiensi degradasi suatu kontaminan organik maupun anorganik meningkat dengan peningkatan konsentrasi H_2O_2 . Namun, dalam proses pengolahan degradasi suatu kontaminan dengan konsentrasi H_2O_2 dapat mempengaruhi efisiensi karena pembentukan gelembung dalam jumlah besar, sehingga membuang sejumlah besar OH, oleh karena itu sangat penting dalam menentukan konsentrasi H_2O_2 (Guo *et al.*, 2018).

Penggunaan H_2O_2 30% ditemukan tidak mengubah ukuran, bentuk dan spektra yang dihasilkan polimer. Sehingga dapat menjadi solusi terbaik untuk menghilangkan kontaminan organik atau anorganik dengan lebih tinggi dibandingkan dengan H_2O_2 20% (Hanvey *et al.*, 2017).

Pengujian menggunakan Mikroskop dilakukan agar dapat melihat mikroplastik secara visual bentuk dan jenis partikel mikroplastik yang diperoleh serta dapat melihat apakah itu benar mikroplastik atau partikel mirip mikroplastik yang mengganggu identifikasi (Sugandi *et al.*, 2021).

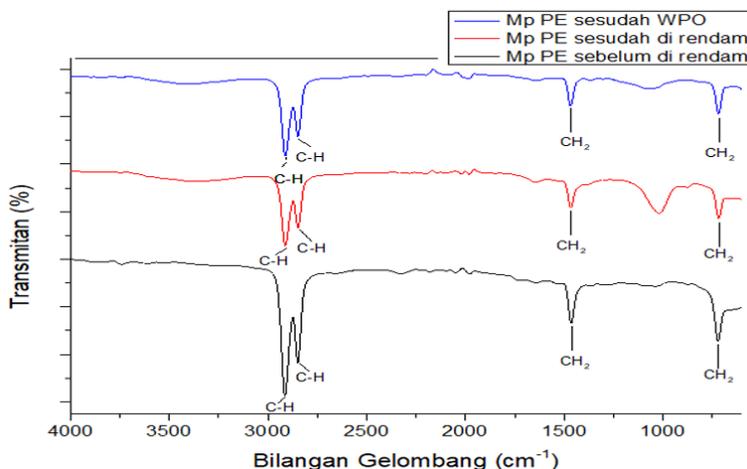


Gambar 2. Hasil Uji Mikroskop

Hasil pengamatan menggunakan mikroskop didapatkan bentuk mikroplastik PE yaitu fragment dan fiber, sedangkan warna pada mikroplastik yaitu biru dan transparan. Mikroplastik bentuk fragment ditemukan berbentuk keras, bersudut, asimetris, bergerigi, dan menyerupai pecahan dari plastik. Mikroplastik bentuk fragment dapat berasal dari kantong plastik, wadah plastik, wadah kosmetik, dan mainan (Hanif *et al.*, 2021). Mikroplastik bentuk fiber biasanya ditemukan berbentuk serat, tipis, dan menyerupai garis memanjang seperti tali. Warna biru dan transparent pada partikel mikroplastik dapat berasal dari warna asal plastik tersebut (Shafani *et al.*, 2022).

Analisa suatu struktur polimer umumnya banyak diuji Menerapkan Fourier Transform Infrared (FTIR). Karakteristik polimer secara besar dipengaruhi oleh gugus fungsional dalam bahan pembentuknya. Dengan memanfaatkan pendekatan ini, kita dapat mendapatkan wawasan kimia yang melibatkan struktur serta reaksi kimia dari suatu polimer (Bakhtiar, 2014). Analisa yang menggunakan FTIR dilakukan untuk

mendeteksi vibrasi suatu ikatan dari gugus fungsi yang spesifik pada senyawa PE (Warni & Dewata, 2021).



Gambar 3. Hasil Uji FTIR

Tabel 1. Interpretasi Puncak Gelombang *Polyethylene* (PE)

Interpretasi Puncak Gelombang	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
	Literatur	PE Sebelum Perendaman	PE Sesudah Perendaman	PE Sesudah WPO
Asymmetric C-H stretch	2919	2914	2912	2912
Symmetric C-H stretch	2850	2848	2847	2847
CH ₂ scissorrs vibration	1472, 1464	1463	1466	1467
CH ₂ rocking	730, 720	719	717	717

Tanda karakteristik untuk jenis polimer PE biasanya tampak dalam puncak absorpsi pada rentang bilangan gelombang 2935 - 2915 cm⁻¹, yang mewakili komponen utama dalam rantai polimer PE (Syakti, 2017). Pada gambar diatas dapat terlihat dengan jelas puncak serapan beberapa panjang gelombang yang merupakan ciri khas polimer PE. Diantaranya terdapat puncak dengan intensitas yang kuat pada bilangan gelombang 2914 - 2912 cm⁻¹ yang merupakan gugus C-H strecht asimetris dan gugus C-H strecht simetris pada bilangan gelombang 2848-2847 cm⁻¹. CH merupakan penyusun utama dari polimer jenis PE (Sugandi *et al.*, 2021). Puncak CH₂ bending pada panjang gelombang 1467 - 1463 cm⁻¹, dan puncak CH₂ rocking pada panjang gelombang 719 - 717 cm⁻¹ merupakan vibrasi ikatan C-H pada gugus CH₂. Pita-pita serapan ini merupakan pita serapan khas polyethylene (PE) (Crawford & Quinn, 2017).

SIMPULAN

Pada penelitian ini di dapatkan kondisi optimum pada pengaruh konsentrasi larutan H_2O_2 pada saat proses WPO dalam mendegradasi kontaminan dengan baik tanpa merusak mikroplastik PE adalah konsentrasi larutan H_2O_2 30%. Pengujian karakteristik menggunakan mikroskop menyatakan mikroplastik jenis PE memiliki bentuk fragment dan fiber, jenis warna pada mikroplastik yaitu biru dan transparent. Kemudian pengujian menggunakan FTIR terdapat ciri khas gugus fungsi polimer PE yaitu terdapat gugus C-H dan CH_2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Bakhtiar, R. 2014. *Pengaruh Suhu Terhadap Depolimerisasi Polietilen Tereftalat Dengan Pelarut Asam Nitrat*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Crawford, C. B., and Quinn, B. 2017. *The emergence of plastics. In Microplastic Pollutants*.
- Dyachenko, A., Mitchell, J., Arsem, N. 2017. *Extraction and identification of microplastic particles from secondary wastewater treatment plant (WWTP) effluent*. Analytical Methods, 9(9), 1412–1418.
- Guo, Y., Xue, Q., Zhang, H., Wang, N., Chang, S., Wang, H., Pang, H., Chen, H. 2018. *Treatment of real benzene dye intermediates wastewater by the Fenton method : characteristics*. 80–90.
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., Pratikto, I., Kendal, K., Regency, K. 2021. *Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal , Kabupaten Kendal*. 10(1), 1–6.
- Harvey, J. S., Lewis, P. J., Lavers, J. L., Crosbie, N. D., Pozo, K., Clarke, B. O. 2017. *A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments*. Analytical Methods, 9(9), 1369–1383.
- Hendri, J., Suka, I. G., Simanjuntak, W., Annisa, A., Gatot, G. 2010. *Characteristic Of Acrylic Acid Grafted Polyethylene Film Prepared By Gamma Irradiation Method*. Indonesian Journal of Chemistry, 8(1), 18–24.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. 2012. *Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification*. Environmental Science & Technology, 46(6), 3060–3075.
- Hurley, R. R., Lusher, A. L., Olsen, M., & Nizzetto, L. 2018. *Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices*. Environmental Science & Technology, 52(13), 7409–7417.
- Lesu, W. S., Ali, M., Rosariawari, F. 2021. *Proses Foto Fenton dalam Reaktor Resirkulasi untuk Menyisihkan Beban Pencemar Pada Lindi*. Handbook of Rural Aging, 6(1), 410–414.
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H. 2016. *Microplastics in mussels along the coastal waters of China*. Environmental Pollution, 214, 177–184.
- Lusher, A. L., McHugh, M., Thompson, R. C. 2013. *Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel*. Marine Pollution Bulletin, 67(1–2), 94–99.

- Meschede, D. 2017. *Optics, light and lasers: the practical approach to modern aspects of photonics and laser physics*. John Wiley & Sons.
- Nuelle, M. T., Dekiff, J. H., Remy, D., Fries, E. 2014. *A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments*. Environmental Pollution, 184, 161–169.
- Jarosz, K., Natkański, P., Michalik, M. 2022. *Microplastic Extraction from the Sediment Using Potassium Formate Water Solution (H₂O/KCOOH)*. Minerals, 12(2).
- Reza, V., Arruda, D. G. de, Bustamam, N., Suryani, S., Nasution, M. S., Prayitno, B., Rois, I., Jaelani, A. K., Laili, R. R., Rohman, T., Surabaya, U. N., Destiana, R., Kismartini, K., Yuningsih, T., Ummah, R., Hipni, M., Pen, U., Yuliaty, T., Rasyid, A., Rezekiana, L. 2020. *Proses Weathering partikel plastik*. Bussiness Law Binus, 7(2), 33–48.
- Sari, D. N., Amelia, D., Ramadhon, M. D. 2021. *Pemanfaatan Metode Fenton Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Sawit*. Proceedings of ..., 145–148.
- Shafani, R. H., Nuraini, R. A. T., Endrawati, H. 2022. *Identifikasi Dan Kepadatan Mikroplastik Di Sekitar Muara Sungai Banjir Kanal Barat*. 11(2), 245–254.
- 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.
- Sugandi, D., Agustawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., Wahyuni, N. 2021. *Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak*. Positron, 11(2), 112.
- Syakti, A. D. 2017. *Microplastics Monitoring in Marine Environment*. Omni Akuatika, 13(2).
- Warni, K., dan Dewata, I. 2021. *Penentuan Limbah Mikroplastik Polyethylene Terephthalate Dengan Metode Glikolisis Dalam Air Laut di Kota Padang*. Periodic, 10(1), 21–27.
- Wijayanti, M. S. 2022. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Proses AOPs Secara Terintegrasi*. Universitas Sriwijaya.