

Optimasi Ekstraksi Mikroplastik Polystyrene (PS) Dengan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

Winda Faulina Fatma¹, Indang Dewata^{*2}, Melindra Mulia³, Alizar⁴

^{1, 2, 3, 4}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Indonesia

^{*}indangdewata@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Plastic pollution is a global problem that is very dangerous if not handled appropriately and systematically. These plastics can enter the environment and will degrade into microplastics due to environmental factors such as light, temperature and humidity. Microplastics are degraded plastics with a size of <5 mm. This microplastic is very dangerous if ingested by living creatures. One of the impacts can cause digestive disorders, cancer and many more. The aim of this research is to obtain an appropriate method for extracting polystyrene microplastics from water samples. The method used is the WPO (wet peroxide oxidation) extraction method. This method uses two solutions, namely Fe(II) 0,05 M as a catalyst to accelerate the oxidation reaction of impurities and H₂O₂ 30% as an OH• producing material which function to oxidize impurities. In the procedure, variations in Fe(II) concentration and heating temperature were carried out. The optimum results obtained were Fe(II) 0,075 M and a heating temperature of 75°C. Apart from that, microplastic characterization was also carried out using FTIR (Fourier Transform InfraRed). Characterization using FTIR shows that the specific functional groups possessed by polystyrene are C-H bending, C=C stretching and C-H stretching at wave numbers 758 cm⁻¹, 1600,97 cm⁻¹ and 2931,90 cm⁻¹, respectively.

Keywords —Microplastic, Polystyrene, Wet Peroxide Oxidation, Hydrogen Peroxide 30 %, Fe(II) and Natrium Chloride

I. PENGANTAR

Pencemaran plastik merupakan problem global dan sangat berbahaya jika tidak ditangani dengan cara yang tepat dan sistematis. menurut data dari BPS (Badan Pusat Statistik) tahun 2020-2022 jumlah penduduk indonesia mencapai 270.203.917 jiwa (<https://sensus.bps.go.id/main/index/sp2020>). Hal ini berdampak pada besarnya jumlah timbunan sampah yang dihasilkan. setiap individu menyumbang sampah sebesar 0.7 kg/harinya [1]. Menurut data dari sipsn:2020-2022 jumlah sampah di indonesia mencapai 19137821.53 ton/tahun dimana 18.22 % diantaranya merupakan sampah plastik. Untuk provinsi Sumatera Barat khususnya kota Padang jumlah sampah 3 tahun terakhir mengalami kenaikan dimana 12,45 % bagian dari total timbunan sampah dikota padang merupakan sampah plastik (<https://Sipsn.Menlhk.Go.Id/Sipsn/>).

Plastik merupakan senyawa polimer yang disusun oleh monomer-monomer melalui proses polimerisasi [2]. Plastik memiliki beberapa jenis yaitu *Polyethylene Terephthalate* (PET/PETE), *High Density Polyethylene* (HDPE atau PEDH), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS) dan *Other*(O) [3].

Penggunaan plastik yang semakin meningkat mengakibatkan sampah plastik juga meningkat[4]. Fenomena tersebut dapat dilihat dengan banyaknya tumpukan sampah plastik di lingkungan seperti dipermukiman dan perairan.

Diperairan plastik akan mengalami proses degradasi menjadi mikroplastik. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor lingkungan seperti suhu, cahaya dan kelembaban[5][6].

Di lingkungan, plastik akan terdegradasi menjadi mikroplastik yang berukuran kurang dari 5 mm dan memiliki banyak sekali dampak negatif terhadap lingkungan dan makhluk hidup[7]. Mikroplastik dapat mengganggu rantai makanan dan mencemari perairan [8]. Bentuk mikroplastik yang umum ditemukan di perairan adalah *fragmen*, *fiber*, *film* dan *foam* [9].

Salah satu plastik yang sering dijumpai dan masih banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah *styrofoam* yang merupakan jenis plastik *polystyrene*(PS)[10]. *Styrofoam* merupakan polimer aromatik yang mengandung bahan berbahaya seperti *styrene* dan benzena. *styrene* dan benzena merupakan senyawa yang bersifat karsinogenik penyebab kanker, gangguan sistem endokrin, gangguan sistem reproduksi, gangguan kerja otak dan masih banyak lagi [11]. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi keberadaan mikroplastik sehingga dapat dilakukan proses pengolahan lebih lanjut. Identifikasi mikroplastik dapat dilakukan menggunakan FTIR. Namun, sebelum dilakukan identifikasi, mikroplastik perlu dilakukan pemurnian sehingga ketika pengidentifikasian yang teridentifikasi adalah mikroplastik *polystyrene* murni. Pemurnian mikroplastik dilakukan menggunakan larutan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO).

Ekstraksi/ pemurnian dengan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) menggunakan larutan Fe(II) sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi pengoksidasi bahan pengotor dan H₂O₂ 30% sebagai pengoksidasi bahan pengotor [12]. Penggunaan larutan WPO bertujuan untuk mengoksidasi bahan pengotor sehingga proses identifikasi menjadi mudah. Selain itu juga digunakan NaCl yang berperan untuk menambah densitas larutan uji, sehingga partikel mikroplastik dan material pengotor dapat terpisah. Selanjutnya partikel mikroplastik diidentifikasi menggunakan instrumen FTIR [5].

Proses ekstraksi/ pemurnian mikroplastik menggunakan larutan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi Fe(II) dan suhu pemanasan larutan WPO. Pada penelitian ini dilakukan optimasi guna untuk mencari kondisi optimum untuk mengekstraksi/ memurnikan mikroplastik. Variasi yang dilakukan adalah konsentrasi Fe(II) dan suhu pemanasan larutan WPO.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Rodrigues tahun 2018 [13] dan masura tahun 2015 [14]. Mereka melakukan penelitian mengenai ekstraksi mikroplastik menggunakan WPO, namun penelitian tersebut belum dilakukan optimasi dan jenis mikroplastik yang digunakan masih umum. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan optimasi terhadap metode ekstraksi mikroplastik menggunakan *wet peroxide oxidation* (WPO) dan mikroplastik yang digunakan adalah mikroplastik jenis *polystyrene*.

II. METODA PENELITIAN

A. Preparasi Sampel Polystyrene (PS) styrofoam

Wadah *styrofoam* dicuci dengan sabun, dibilas dan dikeringkan. Lalu dipotong kecil, diparut dan diayak dengan ayakan mesh no.12[15]. Kemudian mikroplastik PS (*styrofoam*) dimasukkan kedalam air 10 liter sampai menutupi semua permukaan air dalam wadah dan dibiarkan di lingkungan terbuka yang terkena sinar matahari selama 1 bulan.

B. Pembuatan Larutan Fe(II)

Menimbang FeSO₄·7H₂O sebanyak 1,3901 gram dan dimasukkan kedalam gelas kimia 100 mL. Lalu ditambahkan sedikit aquades aduk hingga larut. Pindahkan larutan kedalam labu ukur 100 mL dan ditambah aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Setelah itu ditambahkan 20 tetes H₂SO₄ pekat dan dihomogenkan.

C. Penentuan Kondisi Optimum

1. Pengovenan Sampel

Sampel air Ps sebanyak 250 mL dilakukan penyaringan bertingkat menggunakan saringan mesh no.18 dan mesh no.100 hingga didapatkan mikroplastik dan bahan pengotor. Mikroplastik dan bahan pengotor yang didapatkan dipindahkan kedalam gelas kimia lalu dioven pada suhu 90°C selama 24 jam.

2. Wet Peroxide Oxidation

Setelah proses pengovenan, ditambahkan 20 mL larutan Fe(II) dengan variasi konsentrasi 0,025 M, 0,05 M,

0,075 M, 0,1 M dan 0,125 M. Lalu ditambahkan masing-masing 20 mL H₂O₂ 30 % dan didiamkan selama 5 menit. Setelah itu, sampel dipanaskan di atas *hotplate* hingga suhu 75°C. Pada saat pemanasan, mulut gelas kimia ditutup dengan aluminium foil. Segera setelah gelembung gas terlihat, larutan dipindahkan ke lemari asam sampai dididih mereda. Setelah dididih mereda, larutan dipanaskan kembali pada variasi suhu pemanasan 30°C, 45°C, 60°C, 75°C dan 90°C selama 30 menit.

3. Pemisahan Densitas

Setelah larutan WPO dipanaskan, tambahkan NaCl 6 gram/20 mL sampel lalu dipanaskan sampai garam larut[16]. Kemudian larutan WPO dipindahkan kedalam corong pisah dan didiamkan semalaman[14].

Setelah semalaman, mikroplastik yang mengapung disaring menggunakan kertas *whatman* dan dikeringkan dalam desikator selama 24 jam dan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR.

D. Karakterisasi mikroplastik Polystyrene

Pengujian menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan di Laboratorium Instrumen Kimia UNP. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk melihat gugus fungsi spesifik yang dimiliki mikroplastik jenis *polystyrene* (PS). Selain itu, juga untuk mengkonfirmasi bahwa sampel mikroplastik sudah bersih dari bahan pengotor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan kondisi optimum konsentrasi Fe(II)

Larutan Fe(II) pada proses ekstraksi/ pemurnian mikroplastik berperan dalam pembentukan radikal hidroksil (OH•) dimana radikal hidroksil ini yang akan mengoksidasi bahan pengotor yang ada pada mikroplastik. Massa mikroplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL I
MASSA MIKROPLASTIK PADA VARIASI KONSENTRASI Fe(II)

Sampel	Massa MP (g)
0,025 M	0,054
0,05 M	0,067
0,075 M	0,149
0,1 M	0,124
0,125 M	0,106

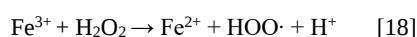
Dari tabel I dapat dilihat bahwa konsentrasi Fe(II) 0,025 M menghasilkan massa mikroplastik paling kecil yaitu sebesar 0,054 gram. Hal ini dikarenakan ion Fe²⁺ yang bereaksi dengan H₂O₂ sedikit dan menyebabkan jumlah radikal hidroksil (OH•) yang dihasilkan kurang sehingga proses oksidasi tidak maksimum. Massa mikroplastik mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi Fe(II), namun mengalami penurunan ketika melebihi batas kondisi optimum. Hasil ini kemudian menunjukkan bahwa konsentrasi Fe(II) 0,075 M merupakan kondisi optimum dengan massa mikroplastik yang didapatkan sebesar 0,149 gram. Korelasi

antara konsentrasi Fe(II) dengan massa mikroplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Konsentrasi Fe(II)

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Fe(II) maka massa mikroplastik yang didapatkan semakin besar. Namun, massa mikroplastik mengalami penurunan ketika telah melebihi batas kondisi optimum. Hal ini terjadi karena ketika konsentrasi Fe(II) / ion Fe^{2+} overdosis (melebihi nilai optimum) maka akan terjadi reaksi regenerasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} [17]. Ion Fe^{3+} akan bereaksi dengan H_2O_2 membentuk $\text{HO}_2\cdot$ (radikal hidroperoksil) seperti yang terlihat pada reaksi dibawah ini.



$\text{HO}_2\cdot$ (radikal hidroperoksil) merupakan radikal yang kurang reaktif sehingga reaksinya dalam mengoksidasi bahan pengotor tidak maksimum [19]. 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.

B. Penentuan kondisi optimum suhu pemanasan

Tinggi rendahnya suhu pemanasan berperan dalam pembentukan radikal hidroksil (Laju Reaksi Fenton). Semakin tinggi suhu reaksi maka laju reaksi Fenton semakin tinggi [20]. Radikal hidroksil berperan sebagai pengoksidasi bahan pengotor [21]. Massa mikroplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL II
MASSA MIKROPLASTIK PADA VARIASI PEMANASAN

Sampel	Massa MP (g)
30°C	0,031
45°C	0,042
60°C	0,05
75°C	0,111
90°C	0,074

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa suhu 30°C menghasilkan massa mikroplastik paling kecil yaitu sebesar 0,031 gram. Hal ini dikarenakan suhu pemanasannya kurang sehingga radikal hidroksil ($\text{OH}\cdot$) yang dihasilkan pun berkurang. Ketika radikal hidroksil kurang maka proses oksidasi tidak maksimum.

Massa mikroplastik yang dihasilkan mengalami kenaikan seiring bertambahnya suhu pemanasan, namun mengalami penurunan ketika melebihi batas kondisi optimum. Hasil ini kemudian menunjukkan bahwa suhu pemanasan 75°C merupakan kondisi optimum dengan massa mikroplastik yang dihasilkan sebesar 0,111 gram. Korelasi antara suhu pemanasan dengan massa mikroplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2.

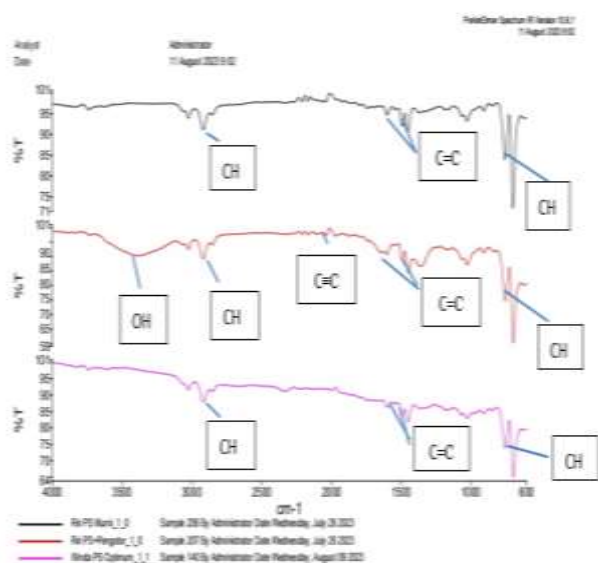


Gambar 2. Grafik Suhu Pemanasan

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan maka massa mikroplastik yang dihasilkan semakin besar. Namun, massa mikroplastik mengalami penurunan ketika sudah melebihi batas kondisi optimum. Hal ini dikarenakan ketika suhu pemanasan lebih tinggi dari suhu pemanasan optimum, tidak hanya bahan pengotor yang dioksidasi tetapi polimer mikroplastik juga ikut teroksidasi sehingga menyebabkan massa mikroplastik berkurang [22].

C. Karakterisasi Mikroplastik Fourier Transform InfraRed (FTIR)

Keberadaan mikroplastik jenis *polystyrene* (PS) ditandai dengan adanya puncak CH *bending* pada bilangan gelombang 753,61 cm^{-1} , puncak C=C *stretching* pada bilangan gelombang 1600,00 cm^{-1} dan puncak CH *stretching* pada bilangan gelombang 2920,41 cm^{-1} . Hasil ini serupa dengan hasil penelitian yang didapatkan oleh Al-kadhemy & Rasheed [23].



Gambar 3. Spektrum IR mikroplastik polystyrene

TABEL III
PERBANDINGAN GUGUS FUNGSI PS SPESIFIK (TEORI) DENGAN GUGUS FUNGSI PADA SAMPEL

Gugus Fungsi	PS Teori cm^{-1}	PS Murni cm^{-1}	PS berpengotor cm^{-1}	PS optimum cm^{-1}
C-H bending	758	753,61	752,04	752,24
C=C stretching	1600,97	1600,00	1602,06	1598,56
C-H stretching	2931,90	2920,41	2920,68	2918,86

Tabel III menunjukkan bahwa sampel merupakan mikroplastik jenis polystyrene. Hal ini ditunjukkan oleh gugus fungsi spesifik polystyrene secara teori tidak jauh berbeda dengan gugus fungsi yang dimiliki oleh sampel PS murni (spektrum atas warna hitam), PS berpengotor (spektrum tengah warna merah) dan sampel optimum (spektrum bawah warna ungu).

TABEL IV
DATA BAHAN PENGOTOR

Gugus Fungsi	PS murni cm^{-1}	PS berpengotor cm^{-1}	PS Optimum cm^{-1}
O-H Stretching	-	3393,11	-
C≡C Stretching	-	2210,12	-

Tabel IV menunjukkan bahwa sampel sudah bersih dari bahan pengotor. Hal ini ditandai dengan tidak adanya gugus fungsi pengotor pada sampel PS optimum (spektrum warna ungu). Gugus fungsi pengotor seperti OH dan C≡C masing-

masing terdapat pada bilangan gelombang 3393,11 cm^{-1} dan 2210,12 cm^{-1} [24] [25].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil optimum untuk ekstraksi mikroplastik polystyrene (PS) dalam sampel air menggunakan Wet Peroxide Oxidation (WPO) adalah konsentrasi Fe(II) 0,075 M dan suhu pemanasan 75°C. Karakterisasi menggunakan (Fourier Transform InfraRed) FTIR menunjukkan bahwa sampel merupakan mikroplastik polystyrene. Selain itu, FTIR juga mengkonfirmasi bahwa mikroplastik polystyrene sudah bersih dari bahan pengotor.

REFERENSI

- [1] N. L. P. Juniartini, "Pengelolaan Sampah Dari Lingkup Terkecil Dan Pemberdayaan Masyarakat Sebagai Bentuk Tindakan Peduli Lingkungan," *J. Bali Membangun Bali*, Vol. 1, No. 1, Pp. 27–40, 2020, Doi: 10.51172/Jbmb.V1i1.106.
- [2] N. S. Trivantara, "Identifikasi Jenis Polimer Mikroplastik Pada Ikan Tongkol Lisong (*Auxis Rochei*) Di Pantai Damas Prigi," Vol. 2, No. 1, Pp. 19–23, 2023.
- [3] A. Masyuroh And I. Rahmawati, "Pembuatan Recycle Plastik Hdpe Sederhana Menjadi Asbak," *Abdikarya J. Pengabd. Dan Pemberdaya. Masy.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 53–63, 2021, Doi: 10.47080/Abdikarya.V3i1.1278.
- [4] M. Deden, A. Rahim, And A. Asrawaty, "Sifat Fisik Dan Kimia Edible Film Pati Umbi Gadung Pada Berbagai Konsentrasi," *J. Pengolah. Pangan*, Vol. 5, No. 1, Pp. 26–33, 2020, Doi: 10.31970/Pangan.V5i1.35.
- [5] M. Mar`Atusholihah, Y. Trihadiningrum, And A. D. Radityaningrum, "Kelimpahan Dan Karakteristik Mikroplastik Pada Ipam Karangpilang Iii Kota Surabaya," *J. Tek. Its*, Vol. 9, No. 2, 2021, Doi: 10.12962/J23373539.V9i2.55473.
- [6] J. G. Speight, *Monomers, Polymers, And Plastics*. 2020. Doi: 10.1016/B978-0-12-809923-0.00014-X.
- [7] R. B. Satiyarti, S. Wulan Pawhestri, And I. S. Adila, "Identifikasi Mikroplastik Pada Sedimen Pantai Sukaraja, Lampung," *J. Kelaut. Trop.*, Vol. 25, No. 3, Pp. 329–336, 2022, Doi: 10.14710/Jkt.V25i3.12786.
- [8] A. Novianti, Reniwati, "Warta Pengabdian Andalas," War. Pengabd. Andalas, Vol. 26, No. 1, Pp. 16–22, 2019.
- [9] I. P. Ningrum, N. Sa'adah, And M. Mahmiah, "Jenis Dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Gili Ketapang, Probolinggo," *J. Mar. Res.*, Vol. 11, No. 4, Pp. 785–793, 2022.
- [10] T. Humaira, B. Kurniawan, S. Hasanah, E. Christina, J. Hawckins At-Tsaqib, And K. Kunci, "Modifikasi Struktur Polistirena Menggunakan Maleat Anhidrida Sebagai Pengikat Silang Dan Benzoil Peroksida Sebagai Inisiator," *Asian J. Mechatronics, Electr. Eng.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 25–34, 2022, [Online]. Available: <https://journal.formosapublisher.org/index.php/Ajme>
- [11] A. Imron Alfariy, "Bahaya Styrofoam Sebagai Sampah Abadi Salah Satu Penyebab Kerusakan Lingkungan," *Tharbiyatus Shiblyan*, Vol. 11, No. 1, 2014.
- [12] A. Yunanto And N. Fitriah, "Karakteristik Mikroplastik Pada Ekosistem Pesisir Di Kawasan Mangrove Perancak , Bali Semakin Meningkat Pula Potensi Bahaya Limbah Plastik Bagi Lingkungan . Potensi Sifat Dari Plastik Yang Sulit Terurai Secara Dan Sulit Untuk Diuraikan . Sampah Plastik Da," 2021.
- [13] M. O. Rodrigues, A. M. M. Gonçalves, F. J. M. Gonçalves, H. Nogueira, J. C. Marques, And N. Abrantes, "Effectiveness Of A Methodology Of Microplastics Isolation For Environmental Monitoring In Freshwater Systems," *Ecol. Indic.*, Vol. 89, No. February, Pp. 488–495, 2018, Doi: 10.1016/J.Ecolind.2018.02.038.
- [14] Et Al Masura, "Laboratory Methods For The Analysis Of Microplastics In The Marine Environment: Recommendations For Quantifying Synthetic Particles In Waters And Sediments," No. July, 2015.

- [15] T. Pet, D. Metode, D. Garam, K. Di, And K. Padang, "Penentuan Limbah Mikroplastik Polyethylene Program Studi Kimia *Terephthalate* (Pet) Dengan Metode Glikolisis," 2020.
- [16] S. Gündoğdu, C. Çevik, B. Ayat, B. Aydoğan, And S. Karaca, "How Microplastics Quantities Increase With Flood Events? An Example From Mersin Bay Ne Levantine Coast Of Turkey," *Environ. Pollut.*, Vol. 239, Pp. 342–350, 2018, Doi: 10.1016/J.Envpol.2018.04.042.
- [17] A. R. Dincer, N. Karakaya, E. Gunes, And Y. Gunes, "Removal Of Cod From Oil Recovery Industry Wastewater By The Advanced Oxidation Processes (Aop) Based On H_2O_2 ," *Glob. Nest J.*, Vol. 10, No. 1, Pp. 31–38, 2008, Doi: 10.30955/Gnj.000479.
- [18] T. A. Lastovina And A. P. Budnyk, "A Review Of Methods For Extraction, Removal, And Stimulated Degradation Of Microplastics," *J. Water Process Eng.*, Vol. 43, No. May, P. 102209, 2021, Doi: 10.1016/J.Jwpe.2021.102209.
- [19] B. Paramaeshela, S. Suwardiyono, And I. Hartati, "Pengolahan Limbah Cair Industri Gondorukem-Terpentin Menggunakan Metode Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2) Untuk Mendegradasi Cod," *J. Inov. Tek. Kim.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 2–7, 2019, Doi: 10.31942/Inteka.V4i2.3021.
- [20] A. Reyhani, T. G. Mckenzie, Q. Fu, And G. G. Qiao, "Fenton-Chemistry-Mediated Radical Polymerization," *Macromol. Rapid Commun.*, Vol. 40, No. 18, Pp. 1–16, 2019, Doi: 10.1002/Marc.201900220.
- [21] J. J. R. Márquez, I. Levchuk, And M. Sillanpää, "Application Of Catalytic Wet Peroxide Oxidation For Industrial And Urban Wastewater Treatment: A Review," *Catalysts*, Vol. 8, No. 12, 2018, Doi: 10.3390/Catal8120673.
- [22] S. Cunsolo, J. Williams, M. Hale, D. S. Read, And F. Couceiro, "Optimising Sample Preparation For Ftir-Based Microplastic Analysis In Wastewater And Sludge Samples: Multiple Digestions," *Anal. Bioanal. Chem.*, Vol. 413, No. 14, Pp. 3789–3799, 2021, Doi: 10.1007/S00216-021-03331-6.
- [23] M. F. H. Al-Kadhemy And Z. S. Rasheed, "Effect Of Doping Ratio On Ftir Spectrum Of Coumarin Doped Polystyrene Films," Vol. 3, No. 12, 2013.
- [24] A. Noviadi Rakhmatullah, L. Andina, I. Syahfari, And D. Rio Pambudi, "Analisis Kandungan Alkohol Pada Parfum Yang Dibuat Dari Bahan Sintetik Dan Bahan Alam Menggunakan Metode Kromatografi Gas," *J. Surya Med.*, Vol. 7, Pp. 185–189, 2022, [Online]. Available: [Http://journal.umpalangkaraya.ac.id/index.php/jsm](http://journal.umpalangkaraya.ac.id/index.php/jsm)
- [25] X. Li, J. M. Lv, D. Hu, And I. Abe, "Biosynthesis Of Alkyne-Containing Natural Products," *Rsc Chem. Biol.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 166–180, 2021, Doi: 10.1039/D0cb00190b.