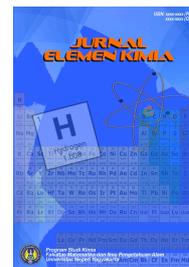




Akses online: <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/elemen>

**Program Studi Kimia  
Departemen Pendidikan Kimia  
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta**

Jurnal Elemen Kimia 8(1) (2024) 8-16



**EFEKTIVITAS PENGURANGAN MIKROPLASTIK DALAM LIMBAH MASKER  
SECARA ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA KOMBINASI Al-Fe-Al**

***EFFECTIVENESS OF REDUCING MICROPLASTICS IN MASK WASTE BY  
ELECTROCOAGULATION WITH Al-Fe-Al COMBINATION ELECTRODES***

**Anggie Rachmadiana \*, Regina Tutik Padmaningrum**

Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta, Jalan Colombo No 1, Karang  
Malang, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia, 55281

\*Korespondensi: [anggie3655fmipa.2019@student.uny.ac.id](mailto:anggie3655fmipa.2019@student.uny.ac.id)

**Abstrak**

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakter gugus fungsi masker bedah medis sebelum dan sesudah pelepasan mikroplastik, karakter flok ditinjau dari gugus fungsi dan kenampakan butiran flok dan pengaruh volume  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,01 M, pH dan waktu elektrokoagulasi terhadap efektivitas pengurangan konsentrasi mikroplastik dalam limbah masker bedah medis. Sampel penelitian ini adalah limbah masker bedah medis yang diambil mikroplastiknya dengan cara direndam dalam *aquabidest* selama  $\pm 50$  hari. Identifikasi mikroplastik dengan menganalisis spektrum FTIR. Elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al-Fe-Al, arus 2,5 A dan jarak antar elektroda 2 cm dengan variasi volume  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,01 M, pH larutan dan waktu elektrokoagulasi. Efektivitas pengurangan konsentrasi mikroplastik setiap variasi dihitung dengan membandingkan jumlah serat sebelum dan sesudah elektrokoagulasi. Morfologi flok ditentukan dengan menganalisis kenampakan permukaan flok menggunakan SEM dan gugus fungsi flok menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi menggunakan FTIR masker medis sebelum dan sesudah pelepasan mikroplastik serta flok terdapat gugus fungsi yang sama yaitu pada bilangan gelombang  $611 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan vibrasi fenil yang memperlihatkan bahwa terkandung monomer polipropilena (PP) dan bilangan gelombang  $1165 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-Cl yang memperlihatkan bahwa terkandung monomer polivinilklorida (PVC). Hasil SEM menunjukkan bahwa flok berbentuk serbuk berwarna putih dengan butiran flok renggang dan tidak kompak. Volume  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,01 M optimum 1 mL, pH optimum 6 dan waktu elektrokoagulasi optimum 4 jam dengan efektivitas pengurangan konsentrasi mikroplastik dalam limbah masker bedah medis sama yaitu 87,5%.

Kata kunci: masker bedah medis, mikroplastik, elektrokoagulasi, efektivitas

**Abstract**

*The aim of this study was to determine functional group characteristics of medical surgical masks before and after removing microplastics, to determine floc character in terms of functional groups and appearance floc granules and to determine effect volume of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,01 M, pH and electrocoagulation time. on effectiveness of reducing microplastic concentrations in medical surgical mask waste. Sampel for study was medical surgical mask waste which taken*

*microplastic by soaking in aquabidest for  $\pm 50$  days. Identification microplastics was carried out by FTIR. Electrocoagulation using Al-Fe-Al electrodes, current 2.5 A and distance between electrodes 2 cm with variations in volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M, pH solution and electrocoagulation time. Effectiveness of reducing concentration of microplastics for each variation was calculated by comparing amount of fiber before and after electrocoagulation. Floc morphology was determined by analyzing appearance using SEM and functional groups using FTIR. The results showed characterization using FTIR medical masks before and after immersion and floc same functional groups, at wave number 611 cm<sup>-1</sup> indicating presence phenylvibrational absorption showed that contained polypropylene (PP) monomer and wave number 1165 cm<sup>-1</sup> indicating presence C-Cl group indicating that contains polyvinyl chloride (PVC) monomer. SEM results showed that floc in the form of white powder with loose floc grains and not compact. Optimum volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.01 M is 1 mL, optimum pH is 6 and optimum electrocoagulation time is 4 hours with same effectiveness in reducing concentration of microplastics in medical surgical mask waste, namely 87.5%.*

*Keywords: medical surgical masks, microplastic, electrocoagulation, effectiveness*

## **Pendahuluan**

Kebijakan untuk mencegah penyebaran virus Covid-19 salah satunya dengan menggunakan masker bedah medis, ternyata berdampak pada peningkatan jumlah limbah masker bedah medis sekali pakai yang berbahaya bagi lingkungan. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Pemkot Surabaya pada tahun 2021, total limbah masker bedah medis sekali pakai di Surabaya mencapai 9,4 ton. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan mencatat (30-50)% terjadi peningkatan limbah masker bedah medis sekali pakai selama pandemi Covid-19 di Indonesia [1].

Terdapat zat kimia mikroplastik di dalam limbah masker bedah medis sekali pakai yang memerlukan penanganan khusus. Mikroplastik yaitu sampah plastik yang telah mengalami degradasi dan fragmentasi [2]. Mikroplastik mengandung polipropilen dan polietilen serta mengandung bahan polimer lainnya seperti poliester, poliuretan, polistirena, dan poliakrilonitril. Mikroplastik dapat berpotensi terlepas di perairan karena ukurannya yang sangat kecil yaitu kurang dari 5 mm dan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan [3].

Metode pengolahan limbah mikroplastik sebelumnya yaitu pirolisis dan elektrodegradasi memiliki kekurangan. Metode pirolisis memerlukan energi tinggi dan dapat menimbulkan polusi udara. Metode elektrodegradasi menggunakan arus yang besar dan efektivitas lebih rendah [4]. Alternatif pengolahan limbah mikroplastik yang cukup efektif yaitu metode elektrokoagulasi. Metode ini mampu mengurangi mikroplastik (90-98)% dalam sampel [5]. Elektrokoagulasi merupakan proses pembentukan flok hidroksida logam dalam air limbah dengan elektroda aluminium (Al) sebagai anoda dan besi (Fe) sebagai katoda [6]. Efektivitas metode elektrokoagulasi dipengaruhi oleh faktor waktu elektrokoagulasi, pH larutan dan penambahan elektrolit pendukung [7].

## **Metode**

### **Pelepasan Mikroplastik dari Limbah Masker**

Limbah masker dipotong sekecil mungkin  $\pm (0,5 \times 0,5)$  cm dan diambil sebanyak 10 gram. Potongan masker kemudian direndam dalam *aquabidest* selama kurang lebih 50 hari dalam ember yang tertutup. Potongan masker dipisahkan dengan *aquabidest* rendaman (sampel cair

mikroplastik) menggunakan spatula.

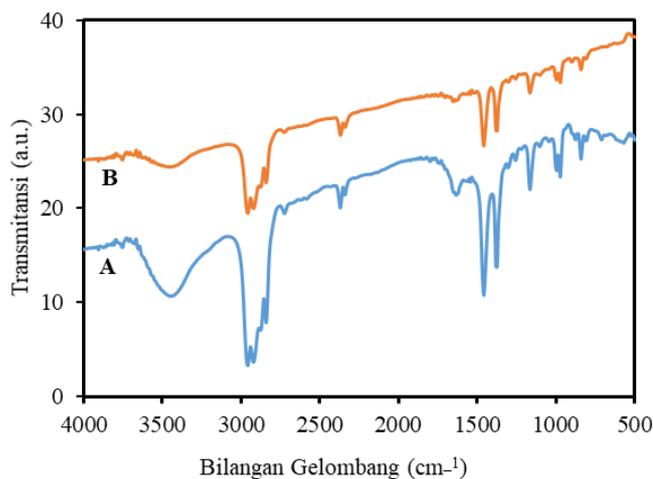
### **Elektrokoagulasi Mikroplastik**

Sampel cair mikroplastik diambil sebanyak 250 mL ditambahkan 250 mL *aquabidest* dan 0,08 gram *alkyl benzene sulfonate* (ABS). Elektrokoagulasi dilakukan dengan menggunakan pelat elektroda Al (panjang 10 cm; lebar 4 cm; tebal 0,1 cm) sebagai anoda dan Fe (panjang 10 cm; lebar 4 cm; tebal 0,2 cm) sebagai katoda dengan kombinasi elektroda Al-Fe-Al serta jarak antar pelat elektroda 2 cm. Elektrokoagulasi dilakukan dengan arus 2,5 A dan kecepatan pengadukan skala 5 pada *Hotplate stirrer* Daihan Labtech CO.,LTD. Waktu elektrokoagulasi divariasi selama 1, 2, 3, 4 dan 5 jam, volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M divariasi pada 1, 2, 3, 4 dan 5 mL, dan pH larutan divariasi pada 4, 5, 6, 7 dan 8. Larutan sampel setelah elektrokoagulasi dilakukan uji AAS untuk mengetahui kandungan logam Fe dan Al. Flok yang terbentuk disaring dan didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam. Flok kering kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM.

### **Hasil dan Pembahasan**

#### **Karakterisasi Masker**

Larutan hasil elektrokoagulasi dikarakterisasi menggunakan FTIR dan flok di karakterisasi menggunakan FTIR serta SEM. Efektivitas pengurangan mikroplastik ditentukan dengan perhitungan jumlah serat sebelum dan sesudah elektrokoagulasi. Sampel masker sebelum dan sesudah perendaman di karakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dalam masker. Spektrum FTIR pada Gambar 1. Hasil uji FTIR masker sebelum dan sesudah perendaman, terlihat puncak-puncak kedua spektrum tersebut terletak pada bilangan gelombang yang hampir sama. Perbedaannya terletak pada intensitas puncaknya, hal ini menunjukkan telah terjadi pelepasan sebagian kecil mikroplastik sesudah masker direndam dalam *aquabidest*.



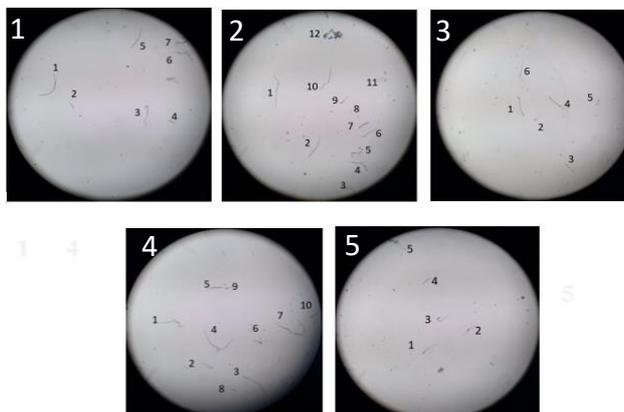
Gambar 1. Spektrum FTIR Masker, (a) Sebelum dan (b) Sesudah Perendaman

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 1 menunjukkan adanya puncak pada 611 cm<sup>-1</sup> yang mengindikasikan adanya serapan vibrasi fenil. Hal ini memperlihatkan bahwa dalam masker terkandung monomer polipropilen. Serapan 840,96 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya regangan gugus fungsi karbonil. Puncak sekitar 972,12 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya klorida (C-Cl), kemungkinan menunjukkan adanya polivinil klorida. Puncak sekitar 1165,00 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya regangan C-O-C.

Puncak sekitar 1257,59 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya regangan C-O. Puncak pada 1373,32 dan 1458,18 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus metil (-CH<sub>2</sub>-). Puncak pada 1635 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya regangan C=O. Puncak 2337,72 dan 2368,58 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya C=N nitril. Puncak pada 2916,37 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus aldehyd (C=O) dan puncak 2954,95 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya regangan C-H yang menggambarkan adanya rantai panjang polimer. Puncak pada 3448,72 cm<sup>-1</sup> menunjukkan regangan O-H dari selulosa. Gugus-gugus fungsi dalam spektrum FTIR memberikan informasi bahwa masker mengandung bahan polimer terutama PP dan PVC yang merupakan sumber polusi mikro partikel yang sangat besar di ekosistem perairan [8].

### **Efektifitas Pengurangan Mikroplastik**

Sampel mikroplastik yang sudah terlepas dari masker bedah medis sebelum proses elektrokoagulasi dihitung jumlah seratnya menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali pada 5 titik bidang pandang. Satuan jumlah serat dinyatakan sebagai helai/μL. Gambar hasil pengamatan serat mikroplastik seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampakan Serat Mikroplastik dalam 1 μL Sampel pada 5 Titik Bidang Pandang Menggunakan Mikroskop dengan Perbesaran 40 Kali

Berdasarkan Gambar 2 jumlah serat mikroplastik sebelum elektrokoagulasi (awal) pada bidang pandang 1-5 berturut-turut sebanyak 7, 12, 6, 10 dan 5 helai, dengan begitu jumlah total serat mikroplastik yang terdapat dalam 1 μL sampel yaitu 40 helai serat mikroplastik. Dalam 500 mL, sampel terdapat serat mikroplastik sebanyak 2,0 x 10<sup>7</sup> helai serat.

Jumlah serat mikroplastik setelah proses elektrokoagulasi dalam 500 mL sampel pada variasi volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M, pH dan waktu seperti pada Tabel 1. Berdasarkan data jumlah serat mikroplastik di atas dapat diketahui efektivitas pengurangan mikroplastik pada variasi volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M, pH larutan dan waktu elektrokoagulasi yang dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ efektivitas} = \frac{\text{Jumlah mikroplastik awal} - \text{jumlah mikropastik akhir}}{\text{jumlah mikropastik awal}} \times 100\%$$

Tabel 1. Jumlah Serat Mikroplastik pada Variasi volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M, pH dan waktu

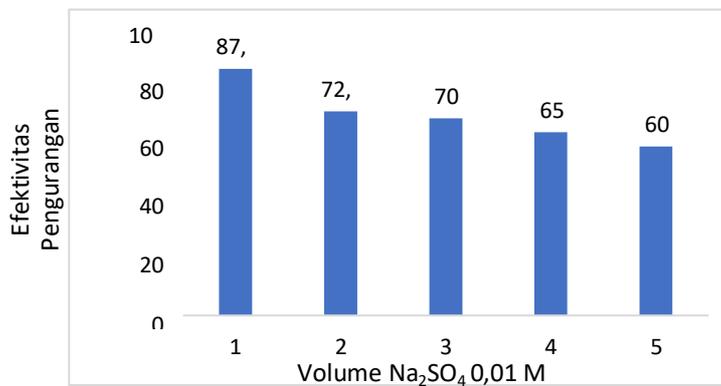
---

**Variasi Volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M**

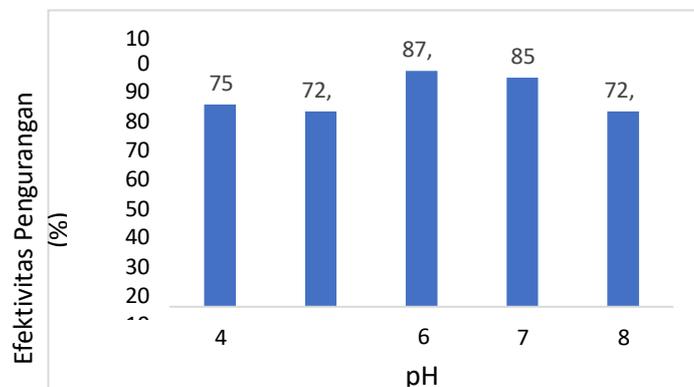
---

Volume Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,01 M (mL)	1	2	3	4	5
Serat Mikroplastik (helai)	2,5 x 10 <sup>6</sup>	5,5 x 10 <sup>6</sup>	6,0 x 10 <sup>6</sup>	7,0 x 10 <sup>6</sup>	8,0 x 10 <sup>6</sup>
<b>Variasi pH</b>					
pH larutan	4	5	6	7	8
Serat Mikroplastik (helai)	5,0 x 10 <sup>6</sup>	5,5 x 10 <sup>6</sup>	2,5 x 10 <sup>6</sup>	3,0 x 10 <sup>6</sup>	5,5 x 10 <sup>6</sup>
<b>Variasi Waktu</b>					
Waktu Elektrokoagulasi (jam)	1	2	3	4	5
Serat Mikroplastik (helai)	5,5 x 10 <sup>6</sup>	4,5 x 10 <sup>6</sup>	3,5 x 10 <sup>6</sup>	2,5 x 10 <sup>6</sup>	4,0 x 10 <sup>6</sup>

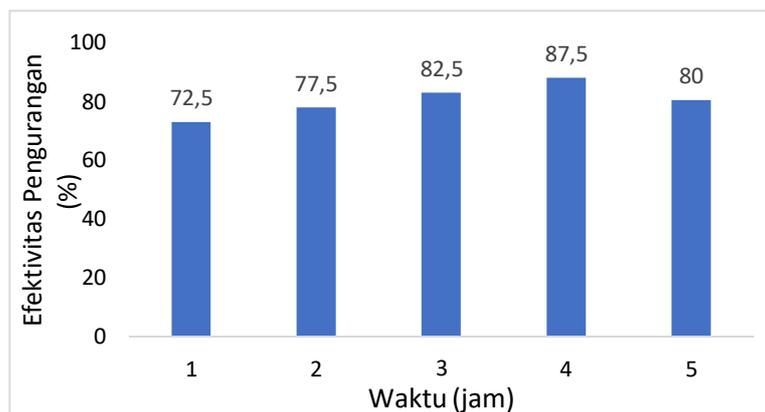
Efektivitas pengurangan mikroplastik optimum pada variasi volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M terjadi saat penggunaan 1 mL Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M dengan persen pengurangan mikroplastik sebesar 87,5% dan terendah pada saat penggunaan 5 mL Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M dengan persen pengurangan 60%. Hal ini dapat terjadi karena, penambahan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M dapat meningkatkan muatan negatif pada permukaan mikroplastik dalam suspensi larutan dan dapat mengendapkan mikroplastik bersama dengan Al(OH)<sub>3</sub> apabila pemberian Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M tersebut terlalu banyak maka akan memperkeruh larutan dan menurunkan efektivitas proses elektrokoagulasi. Efektivitas pengurangan mikroplastik dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 3. Efektivitas Pengurangan Mikroplastik pada Variasi Volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 M

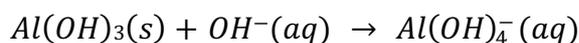


Gambar 4. Efektivitas Pengurangan Mikroplastik pada Variasi pH



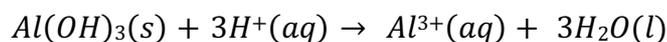
Gambar 5. Efektivitas Pengurangan Mikroplastik pada Variasi Waktu

pH optimum untuk pengurangan mikroplastik yaitu pH 6 dengan efektivitas pengurangan sebesar 87,5%. Hal ini disebabkan apabila elektrokoagulasi dilakukan pada kondisi basa menyebabkan tingginya konsentrasi ion  $\text{OH}^-$ . Dengan meningkatnya konsentrasi  $\text{OH}^-$  mengakibatkan terbentuknya  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  pembentukan  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  dapat dilihat pada reaksi berikut:



Terbentuknya  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  tersebut dapat mengurangi pembentukan koagulan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  serta mengalami penurunan efektivitas pengurangan mikroplastik [9]. Penggunaan pH >7 juga kurang efektif karena kemungkinan mengalami destabilisasi yang dimana flok yang sudah terbentuk akan kembali pecah.

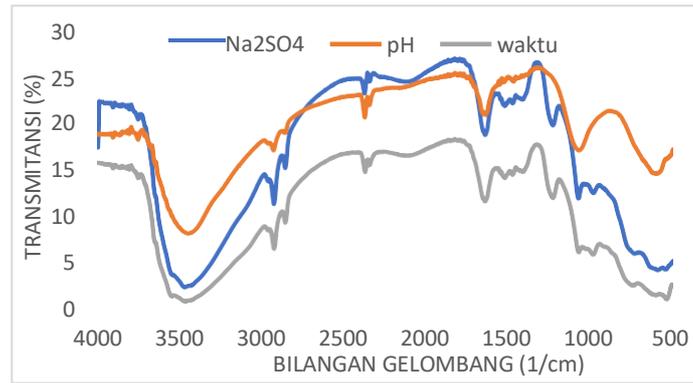
Pada kondisi pH <6,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang terbentuk akan kembali menjadi ion  $\text{Al}^{3+}$  sehingga kurang efektif dalam proses koagulasi, pembentukan kembali ion  $\text{Al}^{3+}$  dapat dilihat pada reaksi berikut:



Waktu elektrokoagulasi optimum untuk pengurangan mikroplastik yaitu 4 jam dengan efektivitas pengurangan sebesar 87,5%. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu elektrokoagulasi maka semakin lama pelat elektroda dipakai. Hal tersebut menyebabkan semakin banyak flok yang menempel dan pelat menjadi jenuh serta efektivitasnya berkurang. Sebaliknya, apabila waktu elektrokoagulasi pendek maka jumlah flok yang terbentuk juga sedikit, karena adsorpsi kurang optimal.

### Karakterisasi Flok

Flok kering hasil elektrokoagulasi berupa padatan pada masing-masing variasi, yaitu pada variasi volume  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , pH dan waktu elektrokoagulasi dikarakterisasi menggunakan FTIR. Spektrum FTIR flok hasil elektrokoagulasi masing-masing variasi seperti Gambar 6.

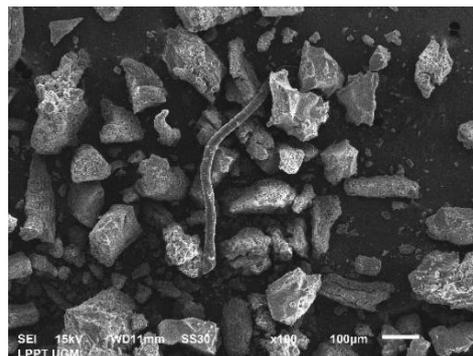


Gambar 6. Spektrum FTIR Flok pada Variasi Volume  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,01 M, pH dan Waktu

Karakterisasi flok menggunakan FTIR pada Gambar 6 menunjukkan gugus fungsi yang terdapat dalam flok dari ketiga variasi adalah jenis yang sama dengan intensitas yang sedikit berbeda. Apabila dibandingkan dengan hasil FTIR mikroplastik sebelum elektrokoagulasi yang dapat dilihat pada Gambar 1 memiliki persamaan gugus fungsinya. Hal ini menunjukkan bahwa dalam flok terkandung gugus fungsi yang sama yaitu polimer plastik terutama polipropilen dan polivinyl klorida. di dalam flok yang telah disaring dan dikeringkan masih terdapat serat mikroplastik yang berbentuk memanjang. Karakterisasi menggunakan SEM pada Gambar 7 menunjukkan flok yang terbentuk mempunyai karakteristik tidak halus, renggang atau tidak rapat dan tidak saling mampat atau kompak. Terdapat pula flok yang berpori-pori atau berlubang menunjukkan flok tersebut rapuh. Sedangkan untuk ukuran flok tidak dapat diketahui karena hasil uji SEM ini hanya bertujuan untuk mengetahui kenampakan morfologi flok.

### Karakterisasi Sampel Cair Hasil Elektrokoagulasi Menggunakan AAS

Hasil uji AAS menunjukkan kandungan logam Fe dalam sampel sebanyak 0,0015 mg/L dan logam Al sebanyak 0,0179 mg/L. Pengujian pada sampel cair hasil elektrokoagulasi menggunakan AAS menunjukkan kandungan logam Fe dalam sampel sebanyak 0,0015 mg/L. Kandungan logam Fe dalam sampel hasil elektrokoagulasi tidak melebihi ambang batas maksimal untuk air minum yang diizinkan oleh PERMENKES RI NOMOR 32 TAHUN 2017 yaitu 1 mg/L [10]. Pengujian terhadap logam Al menunjukkan kandungan logam Al dalam sampel sebanyak 0,0179 mg/L. Kandungan logam Al dalam sampel hasil elektrokoagulasi tidak melebihi ambang batas maksimal untuk air minum yang diizinkan oleh PERMENKES RI 492/MENKES/PER/IV/2010 yaitu Al 0,2 mg/L [11]. Uji SEM dilakukan untuk mengetahui kenampakan morfologi flok pada Gambar 7.



Gambar 7. Kenampakan Morfologi Flok Hasil Uji SEM Perbesaran 100x

## **Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa masker medis sebelum dan sesudah pelepasan mikroplastik menunjukkan adanya gugus fungsi yang sama yaitu polimer plastik terutama PP dan PVC. Flok berbentuk serbuk berwarna putih dengan kenampakan butiran flok hasil elektrokoagulasi tidak halus, renggang dan tidak kompak, dengan gugus fungsi yang terkandung yaitu polimer plastik terutama PP dan PVC. Volume Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> optimal yaitu 1 mL, pH larutan optimal yaitu pH 6 dan waktu elektrokoagulasi optimal yaitu 4 jam dengan efektivitas pengurangan mikroplastik sama yaitu 87,5%.

## **Daftar Pustaka**

- [1]. Khoironi, A., Hadiyanto, H., Anggoro, S., and Sudarno, S. Evaluation of Polypropylene Plastic Degradation and Microplastic Identification in Sediments at Tambak Lorok Coastal Area, Semarang, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 151 (2020), 110868.
- [2]. Sun, J., Yang, S., Zhou, G., Zhang, K., Lu, Y., Jin, Q., Lam, P. K. S., Leung, K. M. Y., and He, Y. Release of Microplastics from Discarded Surgical Masks and Their Adverse Impacts on the Marine Copepod *Tigriopus japonicus*. *Environmental Science and Technology Letters* 1 (2021).
- [3]. Chen, X., Wang, Y., & Zhang, L. Recent Progress in the Chemical Upcycling of Plastic Wastes. *ChemSusChem* 14(19) (2021), 4137–4151.
- [4]. Miao, F., Liu, Y., Gao, M., Yu, X., Xiao, P., Wang, M., Wang, S. and Wang, X. Degradation of polyvinyl Chloride Microplastics Via an electro-Fenton-Like System with a TiO<sub>2</sub>/graphite Cathode. *Journal of Hazardous Materials* 399 (2020), 123023.
- [5]. Rosariawari, F., Rachmanto, A., Mirwan, M. and Rahmayanti, D. Electrocoagulation Process to Reduce Microplastic in Wonokromo Surface Water. *NST Proceedings 2021*, 142–147.
- [6]. Kim, K. T. and Park, S. Enhancing Microplastics Removal from Wastewater Using Electro-Coagulation and Granule-Activated Carbon with Thermal Regeneration. *Processes* 9(4) (2021).
- [7]. Akarsu, C., Kumbur, H. and Kideys, A. E. Removal of Microplastics from Wastewater Through Electrocoagulation-Electroflotation and Membrane Filtration Processes. *Water Science and Technology* 84(7) (2021), 1648–1662.
- [8]. Aragaw, T. A. Surgical Face Masks as a Potential Source for Microplastic Pollution in the COVID-19 Scenario. *Marine Pollution Bulletin* 159(2020), 111517.
- [9]. Mujiburohman, A. M. Y. dan M. Pengaruh Suhu dan pH Elektrokoagulasi terhadap Penurunan Kadar TSS dan COD pada Limbah Cair Laundry. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan 2020*, 309–313.
- [10]. Permenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia 2017*.
- [11]. Permenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. In *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia 2010*.



