

Aplikasi variasi jumlah pelat elektroda Al-Fe pada pengurangan mikroplastik dalam limbah masker secara elektrokoagulasi

Siti Marwati, Isana Supiah Yosephine Lousise, Regina Tutik Padmaningrum, Aprilia Rahmawati, Zahra Hamida, dan Ardhita Julia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta 55281, Indonesia
Email: siti_marwati@uny.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah pelat elektroda Fe-Al pada pengurangan mikroplastik dalam limbah masker secara elektrokoagulasi. Sampel penelitian adalah limbah masker medis. Masker dipotong-potong dengan ukuran 1-5 mm. Potongan masker tersebut direndam dalam aquades selama 7 hari. Cairan yang mengandung mikroplastik dielektrokoagulasi dengan kombinasi pelat elektroda (Al-Fe), (Al-Fe-Al), dan (Al-Fe-Al-Fe) selama 4 jam, arus listrik 2,5 A dan pH 6,0. Serat mikroplastik sebelum dan sesudah elektrokoagulasi diamati dengan mikroskop perbesaran 40 kali. Karakterisasi mikroplastik dilakukan dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas pengurangan mikroplastik yang dielektrokoagulasi menggunakan kombinasi pelat elektroda (Al-Fe), (Fe-Al-Fe), (Al-Fe-Al-Fe) berturut-turut adalah 82,5; 87,5; dan 90,0%. Semakin banyak jumlah pelat pada elektrokoagulasi mikroplastik dapat meningkatkan efektifitas pengurangan mikroplastik. Gugus fungsi yang terkandung dalam masker sebelum dan sesudah elektrokoagulasi mempunyai kemiripan dengan flok yang dihasilkan. Gumpalan Flok hasil elektrokoagulasi berbentuk variatif dan terdapat serat.

Kata kunci: elektroda, elektrokoagulasi, masker, mikroplastik, pelat Fe-Al

Application of variation in Al-Fe electrode plates to reduce microplastics in masks waste by electrocoagulation

Abstract: This study investigates how the number of Fe-Al electrode plates affects electrocoagulation's effectiveness in decreasing mask waste microplastics. The sample in this study was medical mask waste. The mask is chipped into 1-5 mm pieces. The pieces of the mask are soaked in distilled water for seven days. Liquid-containing microplastics were electrocoagulated with a combination of Fe-Al, Fe-Al-Fe, and Fe-Al-Fe-Al electrode plates for 4 hours at an electric current of 2.5 A and a pH of 7.0. Microplastic fibers before and after electrocoagulation were observed with a forty-fold magnification microscope. Microplastic characterization was carried out using FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) and SEM (*Scanning Electron Microscope*). The results showed that the effectiveness of electrocoagulation microplastics using a combination of electrode plates (Fe-Al), (Fe-Al-Fe), and (Fe-Al-Fe-Al) was 82.5, 85.0, and 87.5%, respectively. The efficiency of microplastic reduction can be improved by using more plates in microplastic electrocoagulation. The functional groups contained in the masks before and after electrocoagulation are similar to the flocs produced. Floc clumps resulting from electrocoagulation are varied in shape and contain fibers.

Keywords: electrocoagulation, electrode, face mask, microplastic

How to cite (APA 7th Style): Marwati, S., Lousise, I. S. Y., Padmaningrum, R. T., Rahmawati, A., Hamida, Z., & Julia, A. (2023). S Aplikasi variasi jumlah pelat elektroda Al-Fe pada pengurangan mikroplastik dalam limbah masker secara elektrokoagulasi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 28(2), 132-142. <http://dx.doi.org/10.21831/jps.v1i2.67098>.

PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 masih terjadi sampai saat ini. Sejak penyebaran Covid-19 dinyatakan sebagai pandemi oleh *World Health Organization (WHO)*. Lembaga ini merekomendasikan penggunaan masker berkelanjutan untuk melindungi diri meskipun program vaksin telah diluncurkan (Murray, Bisset, Gilligan, Hannan, & Murray, 2020). Masker yang sering digunakan adalah masker sekali pakai sehingga menghasilkan limbah masker yang mencemari lingkungan. Secara umum, masker dibuat dari bahan utama berupa serat tanpa melalui proses tenun (*non woven fabric*) yang tersusun dari senyawa-senyawa mikroplastik seperti *polypropylene (PP)*, *Polyurethane (PU)*, *polyacrylonitrile (PAN)*, *polystyrene (PS)*, *polycarbonate (PC)*, *polyethylene (PE)* dan *polyethyleneterephthalate (PET)* (Aragaw, 2020).

Saat ini, limbah masker belum diolah dengan baik dan pembuangan masker terlihat bersifat sembarangan. Masker yang terbang di perairan memungkinkan terjadinya pelepasan senyawa-senyawa mikroplastik. Karena ukuran mikroplastik sangat kecil maka memungkinkan mudah masuk ke dalam organisme perairan dan dapat terakumulasi di dalamnya (Chen *et al.*, 2021). Mikroplastik yang masuk ke dalam organisme dapat mengakibatkan gangguan hormonal, kerusakan organ reproduksi dan terjadinya lambat pertumbuhan (Sun *et al.*, 2021). Oleh karena itu diperlukan teknologi dan metode untuk pengelolaan limbah masker tersebut.

Beberapa metode pengelolaan limbah mikroplastik telah dilakukan sebelumnya antara lain biodegradasi (Fachrul & Rinanti, 2018), pirolisis (Moo *et al.*, 2019) plastics have been successfully converted into carbon nanotubes (CNTs, oksidasi fotokimia dan oksidasi fotokatalitik (Du, Xie, & Wang, 2021) serta elektooksidasi (Miao *et al.*, 2020). Metode elektrodegradasi mempunyai kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya yaitu mudah dan memerlukan waktu yang lebih singkat serta memerlukan energi lebih rendah. Metode tersebut masih terbatas untuk salah satu senyawa mikroplastik pada jenis elektroda tertentu. Alternatif metode pengolahan limbah mikroplastik yang cukup efektif adalah metode elektrokoagulasi (Rajala, Grönfors, Hesampour, & Mikola, 2020).

Elektrokoagulasi merupakan gabungan metode elektrokimia dan flokulasi-koagulasi. Elektrokoagulasi merupakan proses pembentukan flok hidroksida logam dalam air limbah dengan elektrodisolusi oleh aluminium (Al) atau besi (Fe) dari anoda (Khoironi, Hadiyanto, Anggoro, & Sudarno, 2020; Kim & Park, 2021). Metode elektrokoagulasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain rapat arus, waktu dan suhu. Selain itu jenis, kombinasi dan susunan elektroda yang digunakan juga berpengaruh pada efisiensi elektrokoagulasi (Akarsu, Kumbur, & Kideys, 2021).

Jenis pelat berupa logam Fe dan Al mempengaruhi efektivitas pengurangan mikroplastik. Pelat Al lebih efektif untuk mengurangi limbah mikroplastik daripada Fe karena terbentuknya $Al(OH)_3$ dan mempunyai kemampuan adsorpsi lebih besar daripada penggunaan pelat Fe (Akarsu *et al.*, 2021). Penggunaan lebih banyak pelat mempengaruhi rapat arus sehingga efisiensi pengurangan mikroplastik dapat dimaksimalkan dengan menambah jumlah pelat dan kombinasi susunan pelat (Liu *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan elektrokoagulasi terhadap limbah masker yang telah terlepas seratnya dalam aquades selama perendaman beberapa hari. Limbah masker dianalisis gugus fungsinya sebelum dan sesudah pelepasan serat. Aquades yang mengandung serat masker kemudian dielektrokoagulasi dengan elektroda Fe-Al dalam jumlah yang bervariasi. Efektivitas pengurangan mikroplastik ditentukan berdasarkan pengurangan serat sebelum dan sesudah elektrokoagulasi. Jumlah serat dihitung dengan bantuan pengamatan

menggunakan mikroskop. Flok yang terbentuk dianalisis dengan menggunakan FTIR dan SEM. Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengelolaan limbah masker yang lebih praktis, murah dan efektif.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer FTIR merk Shimadzu, SEM merk Shimadzu, mikroskop merk Shimadzu, pH meter merk Mettler Toledo, power supply merk Shimadzu, bejana untuk elektrokoagulasi, pelat Al ukuran (panjang 10 cm; lebar 4 cm; tebal 0,1 cm) sebagai anoda dan Fe (panjang 10 cm; lebar 4 cm; tebal 0,2 cm), pengaduk magnet, dan peralatan gelas. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah masker medis berwarna biru merk tertentu, aquabides, *alkyl benzene sulfonate* (ABS) dan larutan Na_2SO_4 0,01 M. Semua bahan merupakan standar *pro-analysis* produk Merck.

Preparasi awal dalam penelitian ini adalah diawali dengan memotong limbah masker sekecil mungkin $\pm (0,5 \times 0,5)$ cm dan diambil sebanyak 10 gram. Potongan masker direndam dalam aquabides selama kurang lebih 50 hari dalam ember yang tertutup. Setelah serat-serat mikroplastik terlepas dari limbah masker kemudian potongan masker yang telah melepaskan serat mikroplastiknya dipisahkan. Sampel mikroplastik dalam penelitian ini berupa serat mikroplastik dalam aquabides yang digunakan untuk merendam masker.

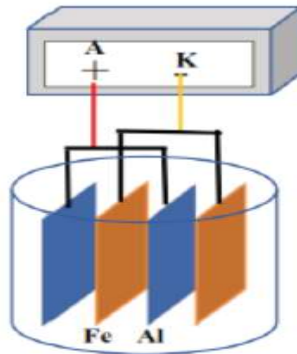
Setelah sampel mikroplastik tersedia, dilakukan elektrokoagulasi. Sampel mikroplastik diambil sebanyak 250 mL ditambahkan 250 mL *aquabides* dan 0,08 gram *alkyl benzene sulfonate* (ABS) sebagai surfaktan. Elektrokoagulasi dilakukan dengan menggunakan pelat elektroda Al sebagai anoda dan Fe sebagai katoda dengan susunan elektroda Al-Fe, Al-Fe-Al dan Al-Fe-Al-Fe, serta jarak antar pelat elektroda 2 cm. Elektrokoagulasi dilakukan dengan arus 2,5 A, waktu elektrokoagulasi 4 jam, pH 6, penambahan zat pengaktif Na_2SO_4 0,01 M 3 mL dan kecepatan pengadukan skala 5 pada *Hotplate stirrer* Daihan Labtech CO., LTD. Efektivitas pengurangan mikroplastik ditentukan dengan membandingkan jumlah serat mikroplastik sebelum dan sesudah elektrokoagulasi. Jumlah serat mikroplastik dihitung dengan bantuan pengamatan menggunakan mikroskop perbesaran 40 kali. Skema proses elektrokoagulasi dengan 4 buah pelat elektroda (Al-Fe-Al-Fe) dapat dilihat pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

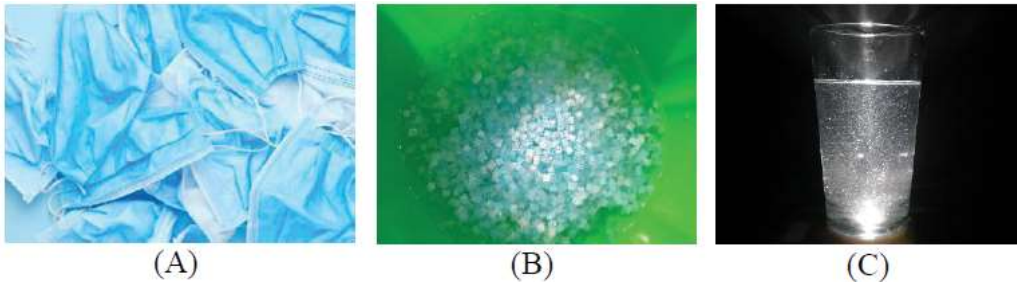
Sampel masker yang digunakan adalah masker bedah medis sekali pakai berwarna biru yang tersusun atas 3 lapisan, yaitu lapisan luar kedap air (bagian depan), lapisan penyaring dengan densitas tinggi (bagian tengah) dan lapisan penyerap cairan berukuran besar (bagian dalam). Sampel ini kemudian dipotong-potong dan direndam ke dalam aquabides untuk melepaskan mikroplastiknya dari masker. Gambar limbah masker dan mikroplastik yang terlepas setelah perendaman dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2(A) merupakan sampel masker yang digunakan dalam penelitian ini. Masker tersebut merupakan yang paling banyak digunakan masyarakat di masa pandemi covid-19. Gambar 2(B) merupakan sampel masker yang dipotong-potong dan direndam dalam aquades untuk melepaskan mikroplastiknya. Gambar 2(C) menunjukkan mikroplastik yang terlepas dari limbah masker. Mikroplastik memenuhi seluruh bagian zat cair sebagai media pelepasannya. Pelepasan mikroplastik dari masker dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor mekanik, misalnya adanya pengadukan dan faktor radiasi sinar matahari. Gerakan pengadukan dan sinar matahari menyebabkan masker rapuh dan mudah melepaskan mikroplastik (Saliu *et al.*, 2021).

Gambar 1. Elektrokoagulasi mikroplastis dengan elektroda Al-Fe-Al-Fe



Gambar 2. (A) Sampel limbah masker; (B) perendaman sampel; (C) mikroplastik yang terlepas dari limbah masker

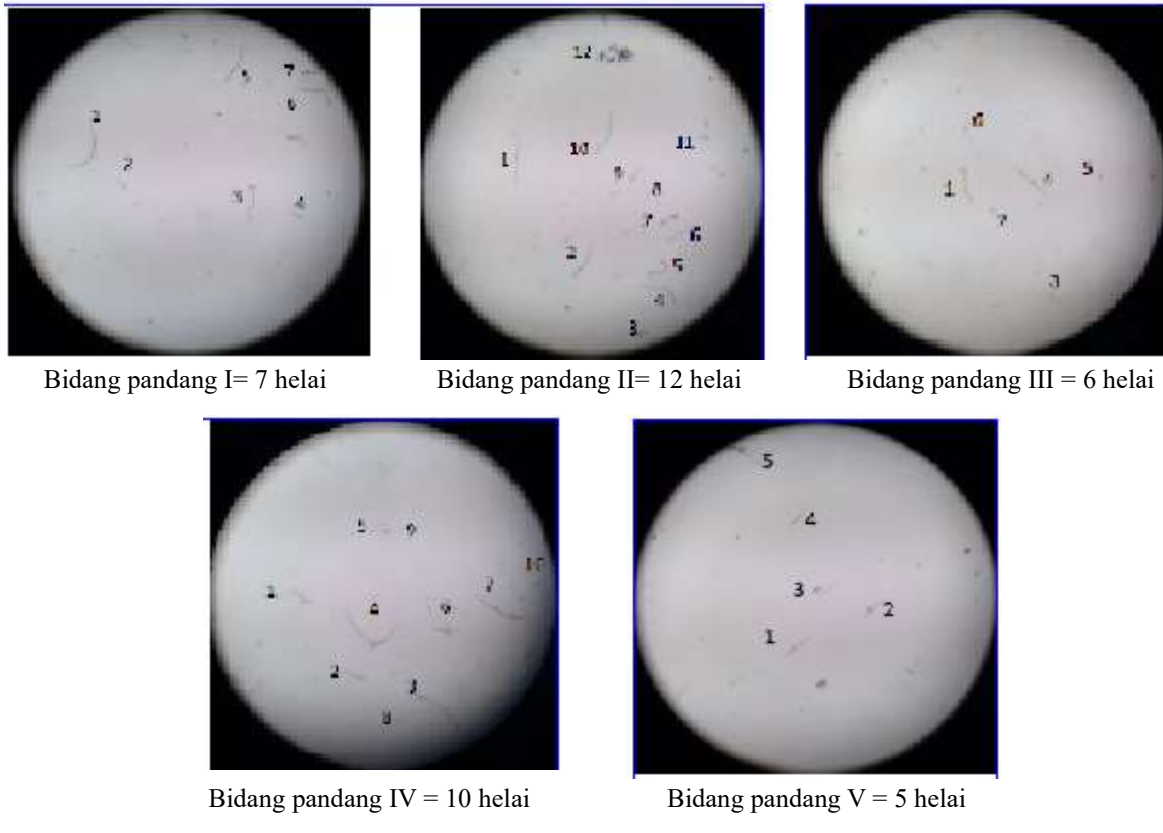


Mikroplastik yang terlepas dari limbah masker selanjutnya diamati dan dihitung jumlah helaiannya tiap 1 μL . Penghitungan serat mikroplastik dilakukan secara manual dengan bantuan pengamatan menggunakan mikroskop perbesaran 40 kali. Pengamatan dilakukan dalam lima bidang pandang dan jumlah serat yang tampak pada masing-masing bidang pandang dijumlahkan. Hasil pengamatan mikroplastik dari sampel sebelum dilakukan elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa masing-masing bidang pandang terdapat serat yang tampak dan terhitung. Secara keseluruhan bidang pandang terdapat 40 helai/ μL . Jika sampel larutan yang dielektrokoagulasi sebanyak 500 mL maka terdapat 2×10^7 helai serat mikroplastik. Serat-serat tersebut tersebar secara merata dalam aquades sebagai media pelepasan mikroplastik. Masker merupakan bahan tekstil yang diproduksi tanpa melalui proses tenun sehingga memungkinkan terjadinya pelepasan mikroplastik dengan mudah. Hal inilah yang dapat menunjukkan bahwa mikroplastik dapat dengan mudah masuk ke dalam lingkungan perairan maupun daratan (Dissanayake, Torres-Quiroz, Mahato, & Park, 2021).

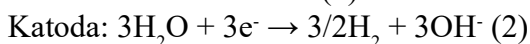
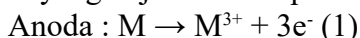
Elektrokoagulasi Mikroplastik. Elektrokoagulasi merupakan gabungan proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi. Teknologi ini biasanya diterapkan pada pengolahan limbah

Gambar 3. Hasil pengamatan dan penghitungan jumlah serat mikropalstik dalam masker sebelum elektrokoagulasi pada lima bidang pandang yang diamati dengan mikroskop perbesaran 40 kali



industri logam, makanan, minyak dan limbah pewarna. Elektrokoagulasi ini juga digunakan untuk menghilangkan limbah organik seperti mikroplastik yang terdapat pada limbah cair (Shen *et al.*, 2022).

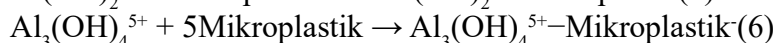
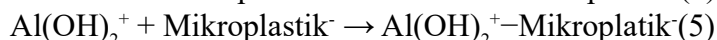
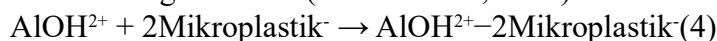
Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe dan Al yang merupakan bahan yang mudah didapat dan murah. Mekanisme penghilangan mikroplastik melalui proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe-Al adalah diawali dengan terbentuknya Al^{3+} dan Fe^{3+} dihasilkan oleh pelarutan anodik dan dengan peningkatan pH dalam proses reaksi, Al^{3+} dan Fe^{3+} akan bereaksi dengan OH dihasilkan oleh katoda dari hidroksi yang berbeda. Untuk Al sebagai anoda, Al dihasilkan oleh elektrolisis dengan cepat ada dalam bentuk ion terhidrasi (Shen *et al.*, 2022). Reaksi yang terjadi selama proses elektrokoagulasi mikroplastik adalah sebagai berikut:



Ion $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_3$ dan $Al_3(OH)_4^{5+}$ terbentuk pada proses reaksi bermuatan positif yang dapat menjerap mikroplastik. Penambahan surfaktan anionik dapat meningkatkan muatan negatif pada permukaan mikroplastik dalam suspensi larutan dan dapat mengendapkan

mikroplastik bersama dengan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Mekanisme ini penting dalam proses penghilangan mikroplastik dalam proses elektrokoagulasi.

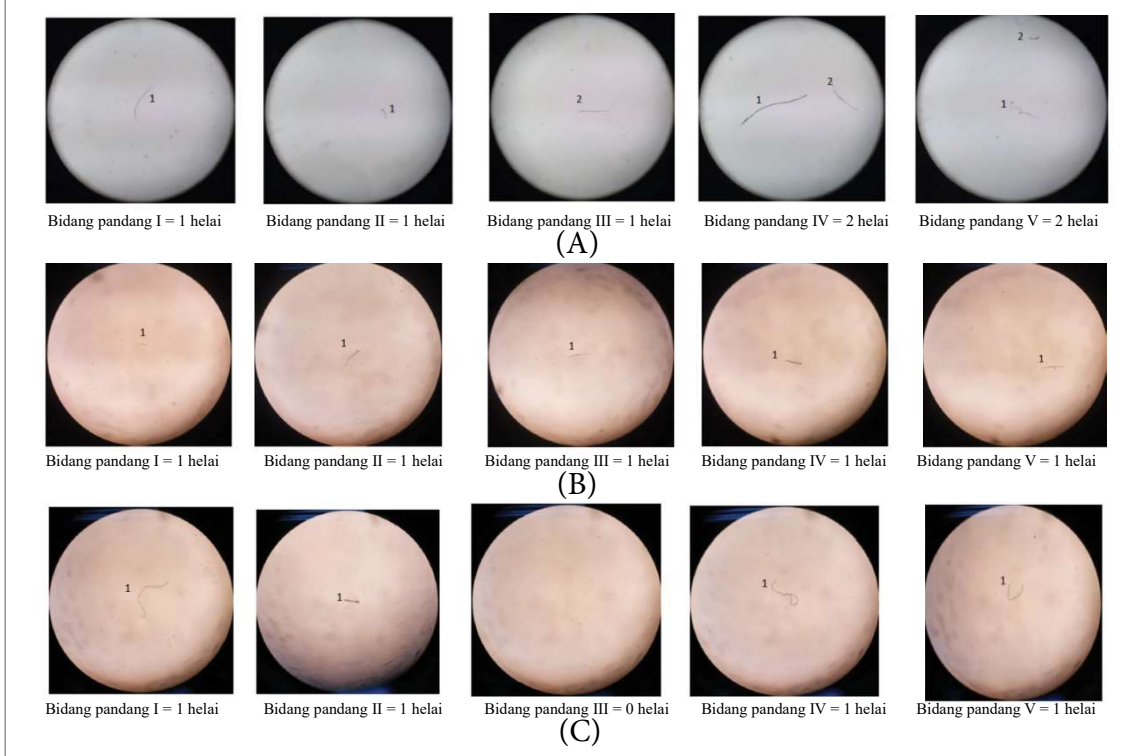
Setelah terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_3$ dilanjutkan dengan proses adsorpsi elektrostatis dengan mekanisme sebagai berikut (Akarsu *et al.*, 2021):



Beberapa parameter yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah pH, rapat arus, waktu elektrokoagulasi dan kombinasi pelat elektroda. Pelat elektroda yang digunakan pada elektrokoagulasi adalah pelat elektroda Al dan Fe. Kombinasi yang digunakan adalah katoda dan anoda Al-Fe, Al-Fe-Al dan Al-Fe-Al-Fe. Bahan, jumlah dan susunan pelat mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Pelat elektroda Fe mempunyai afinitas elektron lebih besar daripada Al. Perbedaan afinitas ini mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Pelat elektroda Al mempunyai harga yang lebih mahal daripada Fe sehingga berpengaruh terhadap efisiensi biaya jika diterapkan pada pengelolaan limbah secara elektrokoagulasi (Shen *et al.*, 2022).

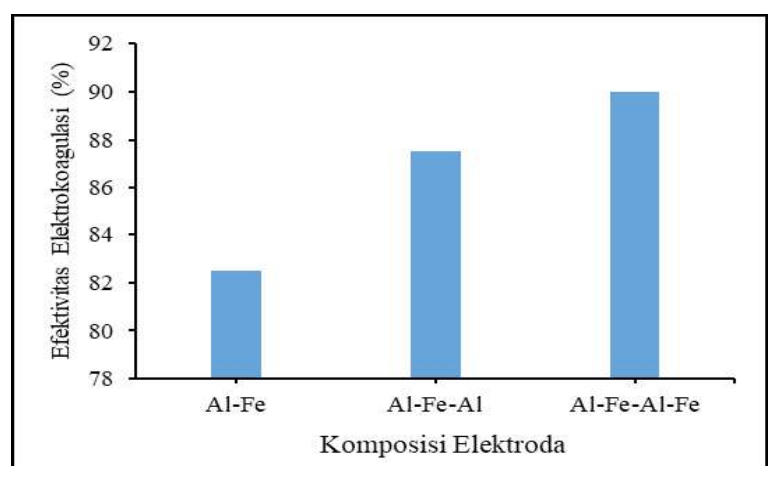
Elektrokoagulasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa melalui proses ini dapat mengurangi jumlah serat mikroplastik dalam sampel. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah serat setelah elektrokoagulasi berkurang cukup signifikan. Variasi elektroda yang digunakan berpengaruh pada pengurangan jumlah serat mikroplastik. Berdasarkan pengamatan jumlah serat setelah elektrokoagulasi dari masing-

Gambar 4. Kenampakan serat setelah proses elektrokoagulasi dengan elektroda (A) Al-Fe, (B) Al-Fe-Al, dan (C) Al-Fe-Al-Fe



masing-masing pelat menunjukkan pengurangan jumlah serat yang signifikan pada setiap bidang pandang. Jika ditinjau dari pelat elektroda yang digunakan untuk elektrokoagulasi mikroplastik menunjukkan bahwa jumlah serat yang tampak setelah elektrokoagulasi dengan elektroda Al-Fe-Al-Fe terlihat paling sedikit di antara pelat elektroda yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pelat elektroda semakin banyak maka pengurangan serat mikroplastik semakin besar. Selain itu, serat mikroplastik yang tampak dari hasil elektrokoagulasi menggunakan pelat Fe-Al terlihat lebih paling banyak di antara yang lain. Jika dihitung dalam bentuk efektifitas pengurangan mikroplastik dari masing-masing variasi elektroda maka dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Efektivitas elektrokoagulasi mikroplastik pada berbagai variasi komposisi elektroda

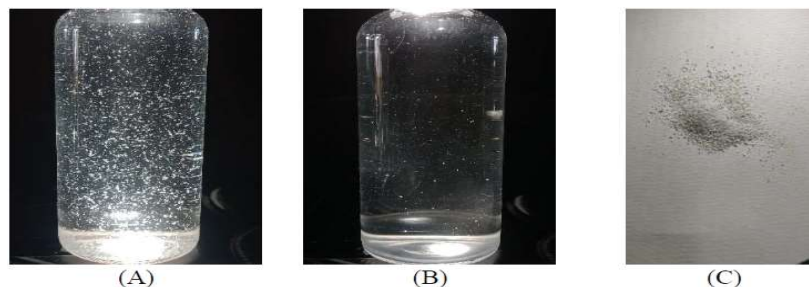


Gambar 5 menunjukkan bahwa elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda dalam jumlah pelat yang lebih banyak dapat meningkatkan efektivitas elektrokoagulasi mikroplastik. Elektroda Al dan Fe merupakan elektroda yang paling sering digunakan untuk elektrokoagulasi karena mempunyai muatan positif lebih rendah daripada elektroda lainnya. Muatan positif lebih rendah dapat menekan kemampuan ion membentuk koloid lebih lemah. Secara umum penggunaan elektroda Al pada elektrokoagulasi lebih efektif daripada elektroda Fe (Moussa, El-Naas, Nasser, & Al-Marri, 2017). Peran elektroda Fe dalam elektrokoagulasi adalah proses elektrokoagulasi mikroplastik sedangkan elektroda Al berperan dalam adsorpsi dengan melibatkan kompleks aluminium hidroksida yang terbentuk karena proses elektrokoagulasi. Penggunaan elektroda khususnya elektroda Al pada proses elektrokoagulasi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari aluminium hidroksida yang terbentuk (Modirshahla, Behnajady, & Kooshaiian, 2007).

Efektivitas elektrokoagulasi dapat dilihat juga dari kenampakan sampel sebelum dan sesudah elektrokoagulasi yang dapat dilihat pada Gambar 6. Selain itu, proses elektrokoagulasi juga menghasilkan flok yang mengandung mikroplastik.

Berdasarkan Gambar 6(A) menunjukkan sampel mikroplastik sesudah elektrokoagulasi sebelum penyaringan. Gambar tersebut terlihat adanya flok yang terbentuk sehingga terlihat lebih keruh. Flok yang terbentuk setelah proses elektrokoagulasi tidak langsung dipisahkan, tetapi harus didiamkan selama 24 jam untuk menyempurnakan terbentuknya flok primer.

Gambar 6. Sampel sesudah elektrokoagulasi (A) sebelum, (B) sesudah elektrokoagulasi, dan (C) flok

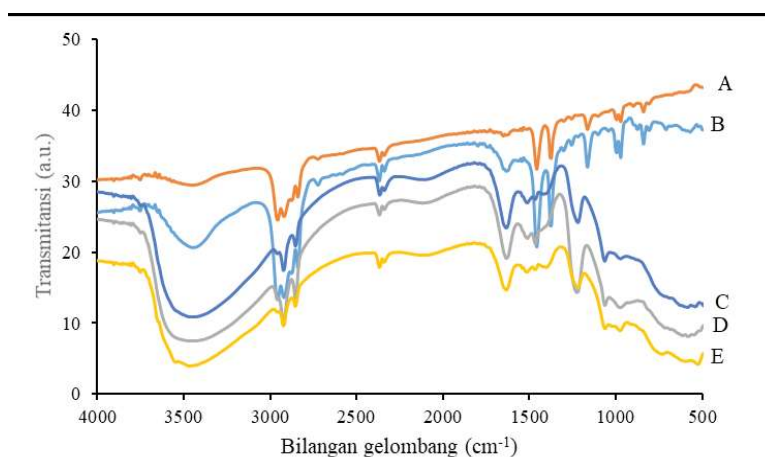


Gambar 6(B) merupakan sampel mikroplastik yang telah dipisahkan floknya sehingga terlihat lebih jernih. Gambar 6(C) dihasilkan flok berwarna putih yang telah disaring dan dikeringkan.

Karakterisasi Masker dan Flok. Karakterisasi masker digunakan untuk identifikasi gugus fungsi yang terdapat pada mikroplastik dalam masker. Masker sebelum dan sesudah perendaman di karakterisasi menggunakan FTIR. Spektrum FTIR masker sebelum dan sesudah perendaman dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 7(A) dan 7(B) merupakan spectrum FTIR sampel masker sebelum dan sesudah elektrokoagulasi. Kedua gambar tersebut menunjukkan adanya puncak pada 611 cm^{-1} yang mengindikasikan serapan vibrasi fenil. Serapan pada 886 cm^{-1} menunjukkan adanya regangan gugus fungsi karbonil. Puncak sekitar 1100 cm^{-1} menunjukkan regangan cincin glukosa. Puncak 1253 cm^{-1} menunjukkan regangan C-O. Puncak pada 1454 dan 1380 cm^{-1} menunjukkan deformasi simetris dari gugus metil ($-\text{CH}_2$). Puncak spektra kecil $1369, 1338, 1319\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan deformasi gugus metil. Puncak pada 1619 dan 1545 cm^{-1}

Gambar 7. Spektrum FTIR sampel masker (A) sebelum dan (B) sesudah elektrokoagulasi, flok hasil elektrokoagulasi dengan elektroda: (C) Al-Fe-Al-Fe, (D) Al-Fe, dan (E) Al-Fe-Al



menunjukkan regangan C=O dan amida primer, regangan CN dan pita NH dari amida sekunder. Puncak 3414 dan 2945 cm^{-1} menunjukkan regangan OH yang kemungkinan dari sumber serat selulosa, regangan CH alifatis simetris dan atau asimetris. Gugus-gugus fungsi dalam spektrum FTIR memberikan informasi bahwa masker mengandung bahan polimer yang merupakan sumber polusi mikropartikel yang sangat besar di ekosistem perairan (Aragaw, 2020).

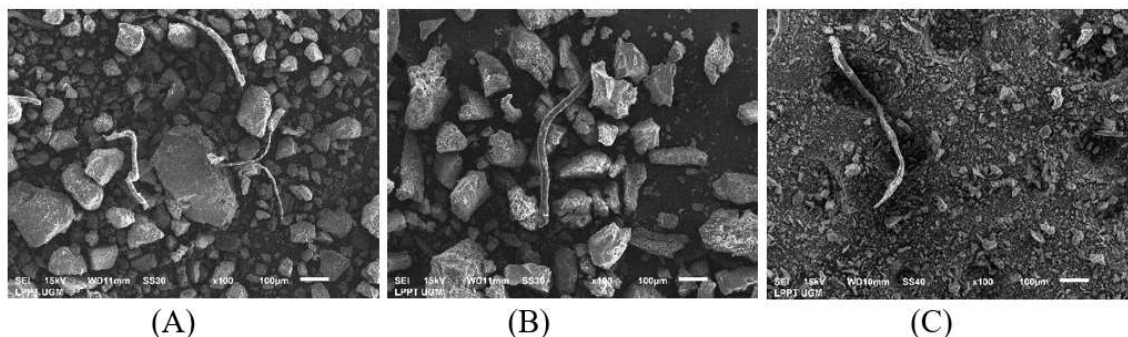
Spektrum dari masker sebelum perendaman menunjukkan puncak yang lebih tajam dibandingkan dengan spektrum sesudah perendaman. Hal ini membuktikan bahwa jumlah serat yang terkandung dalam sampel limbah masker berkurang sehingga benar terbukti terjadi pelepasan mikroplastik pada masker saat perendaman.

Jika ditinjau dari spectrum FTIR flok yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi dengan berbagai variasi elektroda menunjukkan spectrum yang hamper sama dengan sampel masker. Perbedaan yang terlihat terletak pada serapan 1334 dan 1458 cm^{-1} yang semula terlihat pada sampel limbah masker tetapi serapan menjadi sangat kecil pada flok untuk semua variasi pelat. Kedua serapan tersebut menunjukkan adanya gugus alifatis -CH- yang mengalami deformasi setelah proses elektrokoagulasi. Puncak-puncak yang lain dari masing-masing flok mempunyai kemiripan dengan sehingga dapat dikatakan bahwa flok yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi mengandung mikroplastik seperti halnya pada masker. Selanjutnya, padatan flok kering dianalisis menggunakan SEM. Gambar hasil analisis SEM terhadap flok yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi dengan kombinasi elektroda Al-Fe, Al-Fe-Al dan Al-Fe-Al-Fe dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8(A) merupakan flok hasil elektrokoagulasi dengan elektroda Al-Fe, flok yang terbentuk memiliki bentuk yang tidak beraturan dan ukuran yang tidak sama, serta masih terdapat serat-serat mikroplastik yang tidak terflokulasi. Gambar 8(B) merupakan flok hasil elektrokoagulasi dengan elektroda Al-Fe-Al, 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.

Pada Gambar 8(C) merupakan flok hasil elektrokoagulasi dengan elektroda Al-Fe-Al-Fe, flok yang terbentuk di sekitar serat mempunyai karakteristik cukup halus yang kompak. Hal ini menunjukkan bahwa flok merupakan serat mikroplastik dengan bentuk yang berbeda. Metode elektrokoagulasi digunakan untuk mengubah serat mikroplastik dengan ukuran sangat kecil menjadi ukuran yang lebih besar sehingga memudahkan pemisahan serat mikro plastik dan larutan.

Gambar 8. Flok hasil elektrokoagulasi dengan elektroda (A) Fe-Al, (B) Al-Fe-Al, dan (C) Al-Fe-Al-Fe



SIMPULAN

Jumlah pelat elektroda yang digunakan untuk elektrokoagulasi mikroplastik pada masker limbah mempengaruhi efektivitas pengurangan mikroplastik dalam sampel cair. Semakin banyak jumlah pelat yang digunakan untuk elektrokoagulasi limbah masker maka efektivitas pengurangan mikroplastik semakin besar. Gugus fungsi yang terkandung dalam masker sebelum dan sesudah elektrokoagulasi mempunyai kemiripan dengan flok yang dihasilkan. Gumpalan Flok hasil elektrokoagulasi berbentuk variatif dan terdapat serat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akarsu, C., Kumbur, H., & Kideys, A. E. (2021). Removal of microplastics from wastewater through electrocoagulation-electroflotation and membrane filtration processes. *Water Sci. Technol.*, 84, 1648-1662.
- Aragaw, T. A. (2020). Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario, *Mar. Pollut. Bull.*, 159, 1-7.
- Chen, X., Chen, X., Liu, Q., Zhao, Q., Xiong, X., & Wu, C. (2021). Used disposable face masks are significant sources of microplastics to environment. *Environmental Pollution*, 285, 117485.
- Dissanayake, J., Torres-Quiroz, C., Mahato, J., & Park, J. (2021). Facemasks: A looming microplastic crisis, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18.
- Du, H., Xie, Y., & Wang, J. (2021). Microplastic degradation methods and corresponding degradation mechanism: Research status and future perspectives, *J. Hazard. Mater.*, 418, 126377.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2018). Bioremediasi pencemar mikroplastik di ekosistem perairan menggunakan bakteri indigenous, *Pros. Semin. Nas. Kota Berkelanjutan*, 302-312.
- Khoironi, A., Hadiyanto, H., Anggoro, S., & Sudarno, S. (2020). Evaluation of polypropylene plastic degradation and microplastic identification in sediments at Tambak Lorok coastal area, Semarang, Indonesia. *Mar. Pollut. Bull.*, 151, 1-10.
- Kim, K. T., & Park, S. (2021). Enhancing microplastics removal from wastewater using electrocoagulation and granule-activated carbon with thermal regeneration, *Processes*, 9, 1-15.
- Liu, M., Lu, S., Chen, Y., Cao, C., Bigalke, M., & He, D., 2020, Analytical methods for microplastics in environments: Current advances and challenges. *Microplastics in terrestrial environments: Emerging contaminants and major challenges* (pp. 3-24). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
- Miao, F., Liu, Y., Gao, M., Yu, X., Xiao, P., Wang, M., Wang, S., & Wang, X. (2020). Degradation of polyvinyl chloride microplastics via an electro-Fenton-like system with a TiO₂/graphite cathode. *J. Hazard. Mater.*, 399, 123023.
- Modirshahla, N., Behnajady, M.A., & Kooshaiian, S. (2007). Investigation of the effect of different electrode connections on the removal efficiency of Tartrazine from aqueous solutions by electrocoagulation. *Dye. Pigment.*, 74, 249-257.
- Moo, J. G. S., Veksha, A., Oh, W. Da, Giannis, A., Udayanga, W. D. C., Lin, S. X., Ge, L., & Lisak, G. (2019). Plastic derived carbon nanotubes for electrocatalytic oxygen reduction reaction: Effects of plastic feedstock and synthesis temperature, *Electrochem. commun.*, 101, 11-18.
- Moussa, D. T., El-Naas, M. H., Nasser, M., & Al-Marri, M. J. (2017). A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. *J. Environ. Manage.*, 186, 24-41.

- Murray, O. M., Bisset, J. M., Gilligan, P. J., Hannan, M. M., & Murray, J. G. (2020), Respirators and surgical facemasks for COVID-19: Implications for MRI. *Clin. Radiol.*, 75, 405-407.
- Rajala, K., Grönfors, O., Hesampour, M., & Mikola, A. (2020). Removal of microplastics from secondary wastewater treatment plant effluent by coagulation/flocculation with iron, aluminum and polyamine-based chemicals. *Water Res.*, 183, 11604.
- Saliu, F., Veronelli, M., Raguso, C., Barana, D., Galli, P., & Lasagni, M. (2021). The release process of microfibers: From surgical face masks into the marine environment. *Environ. Adv.*, 4, 100042.
- Shen, M., Zhang, Y., Almatrafi, E., Hu, T., Zhou, C., Song, B., Zeng, Z., & Zeng, G. (2022). Efficient removal of microplastics from wastewater by an electrocoagulation process. *Chem. Eng. J.*, 428, 1-13.
- Sun, J., Yang, S., Zhou, G.J., Zhang, K., Lu, Y., Jin, Q., Lam, P. K. S., Leung, K. M. Y., & He, Y. (2021). Release of microplastics from discarded surgical masks and their adverse impacts on the Marine Copepod *Tigriopus Japonicus*. *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 8, 1065-1070.