

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Greywater atau air bekas merupakan air limbah yang bersumber dari semua aliran *wastafel* dapur, kamar mandi, dan air cucian, kecuali air limbah yang berasal dari toilet di rumah tangga atau perkantoran (Ghaitidak & Yadav, 2013). Belakang ini banyak perhatian diberikan pada keberadaan mikropolutan dalam *greywater* karena diantaranya telah terbukti bersifat toksin dan karsinogenik (Dubowski et al., 2020). Salah satu mikropolutan tersebut adalah mikroplastik (MP) karena mengandung bahan kimia seperti Cadmium, *Chlordane*, *Dichlorodiphenyltrichloroethane* (DDT), *polychlorinated biphenyls* (PCB) dan bahan kimia lainnya yang jika dikonsumsi dalam jumlah berlebih dapat bersifat karsinogenik bagi manusia (World Health Organization, 2019).

MP merupakan partikel plastik yang memiliki diameter di bawah 5 mm (Esfandiari & Mowla, 2021). Salah satu sumber penyumbang MP pada *greywater* adalah jenis *microbeads* (Dubowski et al., 2020). *Microbeads* merupakan MP primer yang sengaja diproduksi sebagai bahan tambahan pada produk perawatan pribadi dan kosmetik, seperti pembersih wajah, sabun mandi cair, pasta gigi dan lainnya. Sejumlah *microbeads* dari pembilasan produk perawatan pribadi dan kosmetik sehari-hari berakhir di drainase menuju instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kota (Singh & Mishra, 2023). *Microbeads* yang masuk ke inlet IPAL dapat mencapai $(0,01 - 2,21) \times 10^4$ Partikel/L (Liu et al., 2021). Menurut tinjauan Singh & Mishra, (2023), IPAL kota hanya mampu menyisihkan 87% *microbeads* dari air limbah dalam bentuk lumpur biologis dan sisanya berakhir di lingkungan perairan. Hal ini disebabkan karena ukurannya yang kecil, sehingga *microbeads* dapat dengan mudah memasuki badan air seperti sungai, danau, dan berakhir di laut (Revel et al., 2019). *Microbeads* yang berasal dari penggunaan produk perawatan pribadi dan kosmetik terutama kosmetik telah memasuki lautan diseluruh dunia hingga 8 triliun partikel plastik pada tahun 2015 (Singh & Mishra, 2023).

Terdapat beberapa jenis polimer *microbeads*, seperti *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polymethylmethacrylate* (PMMA), *polystyrene* (PS) dan

polyethylene terephthalate (PET) yang biasanya ditemukan di air limbah. Sekitar 93% *microbeads* yang digunakan dalam komposisi produk perawatan pribadi dan kosmetik adalah jenis PE (Gouin et al., 2015). PE memiliki densitas yang lebih rendah yaitu 0,92 – 0,97 g/cm³ dibandingkan densitas air yaitu 1 g/cm³ (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Hal ini menyebabkan PE lebih mudah tersuspensi dan mengapung di air, sehingga menghasilkan potensi risiko yang lebih besar dibandingkan MP yang mengendap selama pengolahan air (Ziajahromi et al., 2017).

Microbeads di lingkungan perairan dapat mengandung polutan kimia organik, logam berat, dan mikroorganisme berbahaya pada lapisan permukaannya (Shen et al., 2020). Ukuran kecil dan densitas rendah menyebabkan MP mudah dicerna oleh berbagai organisme akuatik, seperti plankton, cacing, dan ikan yang dapat menyebabkan efek toksik, gangguan asupan nutrisi dan fungsi metabolisme bagi organisme tersebut (Esfandiari & Mowla, 2021). Beberapa penelitian telah menunjukkan *microbeads* dapat masuk ke tubuh manusia dan menyebabkan masalah kesehatan serius seperti stres oksidatif, neurotoksisitas, toksisitas reproduksi, dan karsinogenisitas melalui rantai makanan (Esfandiari & Mowla, 2021; Lu et al., 2021; Zhang et al., 2021; Wang et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan *microbeads* yang tepat untuk meminimalkan risiko yang ditimbulkan terhadap lingkungan, manusia dan organisme lainnya.

Elektrokoagulasi adalah salah satu teknologi yang efektif untuk menyisihkan MP. Elektrokoagulasi memiliki keunggulan seperti efisiensi penyisihan tinggi, pengoperasian sederhana, dan biaya rendah (Liu et al., 2023). Jika dibandingkan koagulasi konvensional yang menggunakan koagulan berupa bahan kimia, elektrokoagulasi menghasilkan koagulan *in situ* lebih banyak melalui elektroda logam yang digunakan, produksi lumpur lebih sedikit, dan netralisasi polutan bermuatan lebih baik untuk menyisihkan MP (Kim et al., 2021; Liu et al., 2023).

Shen et al (2022) telah melakukan penelitian menggunakan metode elektrokoagulasi sistem *batch* dengan variasi dua jenis elektroda berbeda (Al dan Fe), pH awal, konsentrasi elektrolit, konsentrasi MP, kerapatan elektrolit, dan waktu reaksi untuk menyisihkan empat jenis MP, yakni, PE, PMMA, *cellulose acetate* (CA), dan PP dari *greywater* artifisial. Efisiensi penyisihan PE, PMMA,

CA, dan PP sebesar 93,2%, 91,7%, 98,2%, dan 98,4% pada kondisi optimum menggunakan elektroda Al, pH netral (7,2), konsentrasi elektrolit 0,05 M, kerapatan tegangan 10 V, waktu reaksi selama 6 jam dengan konsentrasi awal MP 0,5 g/L. Perren et al (2018) menggunakan metode elektrokoagulasi sistem *batch* bipolar dengan dua pasang elektroda Al dan variasi pH, kerapatan arus, dan konsentrasi elektrolit untuk menyisihkan *microbeads* PE dari *greywater* artifisial dengan efisiensi penyisihan 99,24% pada kondisi optimum pH 7,5, kerapatan arus 11 A/m², dan konsentrasi elektrolit 2 g/L dengan konsentrasi awal *microbeads* PE 0,1 g/L selama 1 jam.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas menunjukkan metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk penyisihan MP pada air limbah. Kondisi operasi yang digunakan pada penelitian sebelumnya telah menunjukkan kondisi optimum seperti pH, konsentrasi elektrolit, kerapatan tegangan dan waktu reaksi. Namun, penelitian sebelumnya masih menunjukkan waktu reaksi yang lama untuk mendapatkan efisiensi penyisihan optimum, yakni 1-6 jam. Hal ini dapat disebabkan karena pasivasi yang terjadi pada elektroda (Shen et al., 2022). Waktu reaksi yang terlalu lama dapat menyebabkan pemborosan elektroda dan energi listrik untuk dapat mengoperasikan proses elektrokoagulasi (Shokri & Fard, 2022), sehingga dibutuhkan optimalisasi pada kondisi operasi elektrokoagulasi, salah satunya dengan memvariasikan geometri (bentuk) elektroda.

Geometri elektroda adalah variasi bentuk yang digunakan dalam operasi elektrokoagulasi dengan tujuan untuk mengurangi pasivasi pada elektroda, meningkatkan efisiensi penyisihan dan penghematan biaya operasional. Ibrahim et al. (2020) telah mengembangkan geometri elektroda silinder berlubang pada proses elektrokoagulasi untuk menyisihkan *total organic carbon* (TOC), *total petroleum hydrocarbons* (TPH), dan minyak & lemak 97 %, 98 %, dan 95 % dalam air limbah yang berasal dari proses ekstraksi minyak dan gas pada tanah serta penghematan pada konsumsi listrik sebesar 70% dibandingkan konsumsi energi yang digunakan pada elektroda konvensional dengan geometri pelat.

Sejauh ini, masih terbatas penelitian tentang geometri elektroda pada proses elektrokoagulasi untuk menyisihkan MP dari air limbah. Oleh karena itu, pada

penelitian ini dilakukan penyisihan *microbeads* PE menggunakan metode elektrokoagulasi sistem *batch* dengan elektroda Al dan menganalisis pengaruh geometri elektroda terhadap efisiensi penyisihan *microbeads* PE dan biaya konsumsi listrik elektrokoagulasi . Pada penelitian ini juga dilakukan optimalisasi elektrokoagulasi dengan menerapkan elektrokoagulasi sistem kontinu untuk menganalisis pengaruh geometri terbaik terhadap penyisihan *microbeads* PE, sehingga dapat mewakili kondisi instalasi pengolahan air limbah sebenarnya.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk menyisihkan *microbeads* PE dari *greywater* menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi geometri elektroda

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Menganalisis pengaruh geometri elektroda menggunakan elektrokoagulasi sistem *batch* terhadap efisiensi penyisihan *microbeads* PE;
2. Menganalisis pengaruh laju alir menggunakan geometri elektroda terbaik yang diperoleh dari sistem *batch* pada elektrokoagulasi sistem kontinu terhadap efisiensi penyisihan *microbeads* PE;
3. Menganalisis kinetika reaksi elektrokoagulasi yang sesuai dengan proses penyisihan *microbeads* PE.

1.3 Manfaat Penelitian Tesis

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan rekomendasi tentang potensi teknologi elektrokoagulasi untuk penyisihan MP pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL);
2. Pengembangan ilmu dan teknologi tentang penyisihan MP pada air limbah di Indonesia dan menjadi acuan untuk penelitian berikutnya;
3. Sebagai bahan pertimbangan kepada pemerintah untuk mengatur pengelolaan *microbeads* pada produk perawatan pribadi dan kosmetik (PPPK) karena potensi gangguan kesehatan dan lingkungan yang akan ditimbulkan oleh *microbeads* jika telah terpapar pada biota perairan dan manusia.

4.

1.4 Batasan Masalah/ Ruang Lingkup

Batasan masalah/ ruang lingkup penelitian ini adalah

1. Penelitian dilakukan menggunakan metode elektrokoagulasi pada air limbah artifisial *greywater* yang mengandung *microbeads* PE;
2. Parameter uji penelitian ini pada elektrokoagulasi sistem *batch* adalah konsentrasi *microbeads* PE, daya listrik yang digunakan untuk setiap geometri elektroda, dan biaya konsumsi listrik elektrokoagulasi pada masing-masing geometri elektroda selama 30 menit ;
3. Desain geometri elektroda yang diterapkan pada elektrokoagulasi sistem *batch* adalah geometri elektroda silinder tidak berlubang (ESTB), elektroda silinder berlubang (ESB), elektroda silinder anoda berlubang dan katoda tidak berlubang (ESB-A), elektroda silinder katoda berlubang dan anoda tidak berlubang (ESB-K), dan elektroda pelat (EP)
4. Laju alir yang diterapkan pada elektrokoagulasi sistem kontinu adalah 60; 70; 80; 90 mL/menit.
5. Parameter uji penelitian ini pada optimalisasi elektrokoagulasi dengan sistem kontinu adalah konsentrasi *microbeads* PE dan biaya operasional elektrokoagulasi pada kondisi optimum.
6. Material elektroda penelitian ini adalah aluminium;
7. Analisis *microbeads* PE pada sampel awal dianalisis menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform Infra red* (FT-IR) *PerkinElmer* dan Spektrofotokopi Raman;
8. Analisis mekanisme penyisihan melalui pengamatan pada flok-flok yang mengendap dan terflotasi menggunakan mikroskop trinokuler digital TE-2500 dengan pembesaran 10 kali;
9. Analisis jumlah partikel *microbeads* PE dilakukan menggunakan mikroskop B-350 Optika dengan pembesaran 100 kali.

1.5 Sistematika Penulisan Tesis

Sistematika dari penulisan penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan tesis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang literatur mengenai *greywater*, definisi MP, jenis MP, dampak MP terhadap lingkungan, hewan, manusia, metode elektrokoagulasi, faktor-faktor yang memengaruhi elektrokoagulasi, kelebihan dan kekurangan elektrokoagulasi dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan terkait MP sebelumnya

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan penelitian, mulai dari studi literatur, pengambilan sampel, pengujian sampel, dan analisis sampel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil penelitian mengenai efisiensi penyisihan *microbeads* PE pada proses elektrokoagulasi, optimalisasi elektrokoagulasi, mekanisme penyisihan, kinetika reaksi dan disertai dengan pembahasan lainnya

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

