

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air sungai merupakan salah satu sumber air baku yang banyak dimanfaatkan dalam penyediaan air minum. Namun, kualitas air sungai rentan berubah karena adanya masukan dari kegiatan domestik, pertanian, industri, maupun proses alami di dalam perairan. Salah satu komponen yang perlu diperhatikan adalah bahan organik alami atau *natural organic matter*. Bahan organik alami tersusun atas berbagai senyawa yang berasal dari dekomposisi tumbuhan, hewan, mikroorganisme, limpasan permukaan, serta aktivitas manusia di sekitar badan air. Kandungan bahan organik yang tinggi dapat menimbulkan warna, rasa, dan bau pada air serta meningkatkan kebutuhan bahan kimia selama proses pengolahan (Sururi & Hardika, 2024). Keberadaan bahan organik dalam perairan juga berkaitan dengan pembentukan *disinfection by-products* (DBPs). Senyawa organik yang belum tersisihkan dapat bereaksi dengan desinfektan berbasis klor dan menghasilkan produk samping seperti *trihalomethanes* (THMs), *haloacetic acids* (HAAs), dan *haloacetonitriles* (HANs), yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan. Oleh karena itu, kandungan bahan organik perlu dikurangi sebelum air memasuki tahap desinfeksi (Kamal & Hidayah, 2019; Tazkiaturrizki *et al.*, 2024).

Permasalahan tersebut berkaitan dengan kondisi Sungai Tambak Oso yang menerima masukan pencemar dari kawasan permukiman, industri, pertanian, dan pertambakan. Dalam penelitian Aji *et al.* (2025), diketahui bahwa Sungai Tambak Oso berada dalam kategori tercemar ringan dengan nilai indeks pencemaran rata-rata sebesar 3,3. Apabila kandungan nutrisi terus meningkat, kondisi perairan dapat mendukung terjadinya eutrofikasi dan pertumbuhan mikroalga secara berlebih. Di dalam perairan, mikroalga berperan sebagai produsen primer di perairan. Organisme ini juga memanfaatkan nitrogen dan fosfor selama pertumbuhannya. Namun, ketika jumlahnya meningkat terlalu tinggi, mikroalga dapat menurunkan kualitas air. Sel mikroalga menghasilkan *algal organic matter* (AOM) melalui proses ekskresi maupun

pelepasan bahan dari dalam sel ketika mengalami stres atau lisis. AOM umumnya terdiri atas protein, polisakarida, asam amino, lipid, dan senyawa organik terlarut lainnya. Sebagian besar senyawa tersebut bersifat hidrofilik dan memiliki berat molekul rendah hingga menengah, sehingga lebih sulit disisihkan melalui koagulasi dan sedimentasi biasa (Wang *et al.*, 2021).

Kelimpahan mikroalga yang tinggi juga dapat mengganggu proses pengolahan air. Seo *et al.* (2006) menyebutkan bahwa kelimpahan mikroalga di atas 20.000 sel/mL telah menunjukkan terjadinya *problematic outbreak* yang dapat mengganggu proses pengolahan air. Kelimpahan mikroalga yang tinggi dapat meningkatkan kebutuhan koagulan, menghambat proses pengendapan, dan menyumbat media filter (Seo *et al.*, 2006). Hasil identifikasi air Sungai Tambak Oso menunjukkan bahwa *Nitzschia* sp. merupakan jenis mikroalga yang dominan. Mikroalga ini termasuk kelompok diatom yang dapat berkembang pada perairan dengan kandungan nutrisi cukup tinggi. Dalam penelitian ini, penambahan *Nitzschia* sp. menghasilkan kelimpahan sebesar 3×10^5 sel/mL. Oleh sebab itu, sampel dengan penambahan *Nitzschia* sp. digunakan sebagai pendekatan kondisi peningkatan biomassa mikroalga akibat *algal bloom* pada skala laboratorium.

Perubahan karakteristik awal air menunjukkan adanya pengaruh dari peningkatan biomassa mikroalga. Air sungai alami memiliki COD sebesar 112 mg/L dan absorbansi UV_{254} sebesar $0,2229 \text{ cm}^{-1}$. Setelah ditambahkan *Nitzschia* sp., COD meningkat menjadi 384 mg/L, sedangkan UV_{254} naik menjadi $0,4240 \text{ cm}^{-1}$. Kenaikan COD menunjukkan adanya tambahan bahan organik yang masih dapat dioksidasi secara kimia. Sementara itu, peningkatan UV_{254} menunjukkan bertambahnya senyawa organik yang menyerap radiasi pada panjang gelombang 254 nm, terutama senyawa yang memiliki struktur aromatik dan gugus kromofor (Weishaar *et al.*, 2003). Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kelimpahan *Nitzschia* sp. tidak hanya menambah jumlah biomassa, tetapi juga mengubah kandungan dan karakter bahan organik di dalam air.

Keberadaan mikroalga dapat memengaruhi karakter bahan organik dan kinerja proses pengolahan air. Pada tahap pre-oksidasi, oksidator tidak hanya bereaksi dengan bahan organik alami, tetapi juga dengan sel mikroalga dan *algal organic matter* (AOM). Proses oksidasi dapat mengubah struktur bahan organik dan pada kondisi tertentu menyebabkan kerusakan sel sehingga sebagian bahan organik dari mikroalga tetap berada di dalam air. KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ memiliki mekanisme oksidasi yang berbeda. KMnO_4 dapat menghasilkan MnO_2 sebagai produk reduksi yang ikut membantu proses adsorpsi dan pembentukan flok, sedangkan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ menghasilkan HOCl dan OCl^- yang bereaksi dengan bahan organik. Perbedaan mekanisme tersebut dapat memengaruhi karakter bahan organik yang terbentuk dan hasil pengolahan pada tahap berikutnya (Lavonen *et al.*, 2013; Xia *et al.*, 2021; Xie *et al.*, 2016).

Penelitian ini membandingkan air sungai tanpa penambahan mikroalga dengan air sungai yang ditambahkan *Nitzschia* sp. melalui rangkaian pre-oksidasi menggunakan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, koagulasi-flokulasi-sedimentasi menggunakan tawas, serta adsorpsi menggunakan karbon aktif bubuk. Perubahan bahan organik diamati melalui parameter COD dan UV_{254} , sedangkan perubahan gugus fungsi antara sampel awal dan akhir dianalisis menggunakan FTIR. Variasi waktu kontak juga digunakan untuk melihat perubahan kualitas air selama proses pengolahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rangkaian pengolahan mampu menurunkan bahan organik pada kedua jenis sampel, meskipun sampel dengan penambahan mikroalga masih memiliki COD dan UV_{254} yang lebih tinggi dibandingkan air sungai tanpa penambahan mikroalga. Secara deskriptif, rangkaian pengolahan menggunakan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ menghasilkan COD dan UV_{254} akhir yang lebih rendah dibandingkan KMnO_4 . Hasil analisis statistik juga menunjukkan bahwa jenis sampel, tahapan proses, waktu kontak, dan jenis oksidator berpengaruh signifikan terhadap COD dan UV_{254} . Hasil tersebut menunjukkan bahwa keberadaan mikroalga, jenis oksidator, waktu kontak, dan tahapan pengolahan menjadi faktor penting dalam menentukan perubahan bahan organik selama proses pengolahan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diangkat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu kontak pada rangkaian pengolahan terhadap perubahan karakteristik bahan organik alami?
2. Bagaimana pengaruh jenis oksidator pada tahap pre-oksidasi terhadap karakteristik bahan organik alami?
3. Bagaimana pengaruh penambahan mikroalga *Nitzschia* sp. sebagai representasi kondisi *algal bloom* terhadap kinerja proses pengolahan dibandingkan dengan air sungai alami?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis variasi waktu kontak pada rangkaian proses pre-oksidasi, koagulasi flokulasi sedimentasi, dan adsorpsi terhadap perubahan karakteristik bahan organik alami yang direpresentasikan oleh parameter COD dan UV₂₅₄ serta menentukan waktu kontak optimum.
2. Menganalisis pengaruh jenis oksidator pada tahap pre-oksidasi terhadap karakteristik bahan organik alami.
3. Menganalisis pengaruh penambahan mikroalga *Nitzschia* sp. terhadap kinerja proses pengolahan dibandingkan dengan air sungai alami.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sarana pengembangan keilmuan mengenai efisiensi kombinasi proses pre-oksidasi, koagulasi-flokulasi-sedimentasi, dan adsorpsi dalam menurunkan konsentrasi bahan organik alami.
2. Bagi masyarakat dan lingkungan, dapat menerapkan kombinasi teknologi pengolahan yang mampu menurunkan konsentrasi prekursor DBPs di sumber

air baku, sehingga mendukung ketersediaan air minum dengan kualitas lebih baik.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengujian kadar bahan organik alami dengan sampel penelitian yang digunakan yaitu air baku Sungai Tambak Oso dan kombinasi air sungai dengan mikroalga *Nitzschia* sp.
2. Penelitian dilakukan dengan skala laboratorium di Laboratorium Riset Program Studi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.