

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Meningkatnya populasi di seluruh dunia mengakibatkan meningkatnya kebutuhan dan permintaan yang besar di berbagai sektor industri untuk mencukupi kebutuhan yang ada. Peningkatan ini tanpa disadari mengakibatkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan. Pencemaran pada air merupakan salah satu masalah serius yang perlu diperhatikan dikarenakan salah satu limbah utama yang dihasilkan dari proses produksi pada industri adalah limbah cair. Limbah cair biasanya mengandung berbagai macam polutan pencemar lingkungan. Fenol dan senyawa turunannya seperti bisfenol A (BPA), klorofenol, dan nitrofenol merupakan salah satu polutan cair berbahaya yang memiliki toksisitas yang tinggi dan bersifat karsinogenik (Bsoul, 2021). *U.S Environmental Protection Agency* (EPA) menyatakan bahwa senyawa fenol telah dikonfirmasi sebagai salah satu senyawa organik yang bersifat polutan. Fenol yang terdistribusi di lingkungan akan terdegradasi dengan cepat di udara oleh reaksi gas kimia namun apabila berada di dalam air akan bertahan lama dan terakumulasi. Fenol yang terakumulasi di dalam air akan menyebabkan kontaminasi terhadap lingkungan dan organisme yang ada di dalamnya (Permata, 2016).

Limbah fenol dapat berasal dari limbah cair rumah sakit, laboratorium, ruang operasi, industri peleburan logam, pestisida organik, farmasi, polimer, cat dan lainnya. Senyawa fenol yang terakumulasi pada air dan organisme yang hidup di air akan menimbulkan berbagai masalah

kesehatan apabila dikonsumsi seperti penurunan tekanan darah, pelemahan detak jantung, kerusakan ginjal dan hati, tumor, iritasi pada bibir, mulut dan tenggorokan serta dapat menyebabkan kematian (Permata, 2016). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair pada kegiatan industri menetapkan kadar maksimum senyawa fenol pada limbah cair industri berkisar 0,2 mg/L – 5,0 mg/L tergantung dari jenis industrinya. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) membatasi konsentrasi fenol dalam air bersih yang dapat diminum hingga 0,001 ppm. Keputusan – keputusan ini ditetapkan sebagai salah satu pencegahan dampak negatif yang ditimbulkan dari polutan fenol oleh pihak berwenang di bidang pengawasan lingkungan hidup.

Pencegahan penyebaran dari polutan fenol ini juga dilakukan dengan pengolahan polutan fenol yang dikontrol dan dikurangi pada batas yang telah ditentukan sebelum dibuang. Pengolahan tersebut dapat dilakukan menggunakan berbagai jenis metode seperti proses bioremediasi, adsorpsi, metode oksidasi lanjutan, koagulasi kimia, elektrokimia dan pemisahan membran (Bsoul, 2021). Adsorpsi merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan limbah cair dan dapat diaplikasikan dalam pengolahan polutan fenol. Adsorpsi memiliki beberapa kelebihan seperti prosesnya relatif sederhana serta ramah lingkungan dan memiliki efektivitas serta efisiensi yang relatif tinggi. Adsorpsi dapat terjadi secara kimia atau fisika. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh parameter seperti waktu kontak, massa adsorben, luas permukaan, pH, suhu dan konsentrasi adsorbat

(Sunarto, 2024)

Biochar merupakan salah satu jenis adsorben potensial yang dapat dimanfaatkan dalam adsorpsi fenol. Biochar berasal dari kata “biomassa” dan “*charcoal*” yang artinya zat arang yang berasal dari bahan organik (Suparnawati, 2021). Biochar dibuat dengan menggunakan metode pirolisis yaitu proses pemanasan limbah organik dalam kondisi tekanan dan suhu tinggi tanpa adanya oksigen. Pemanasan bahan organik dalam pembuatan biochar dilakukan pada suhu 400°C sampai 800°C dalam waktu tertentu. Pemanfaatan biochar sebagai adsorben telah banyak dilakukan sebelumnya menggunakan berbagai macam jenis bahan seperti sabut siwalan, ampas tebu, kayu akasia dan serbuk kayu mahoni. Identifikasi dan karakteristik biochar perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas dari biochar karena perbedaan bahan pembuatan biochar akan mempengaruhi kualitasnya (Sunarto, 2024).

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman air invasif yang memiliki sistem pertumbuhan yang sangat cepat. Tanaman ini sering kali menjadi penyebab masalah di lingkungan seperti penurunan kualitas perairan dan tersumbatnya saluran air. Pertumbuhan cepat eceng gondok yang sulit dikontrol membuat tanaman ini dapat digunakan sebagai biochar untuk menanggulangi permasalahan yang ditimbulkan tanaman ini. Eceng gondok memiliki kandungan selulosa hingga sebesar 60%, hemiselulosa 8% dan lignin 17%. Eceng gondok memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga setelah dilakukan pirolisis untuk pembuatan biochar maka akan terbentuk ikatan karbon yang stabil (Sunarto, 2024).

Bioremediasi merupakan salah satu teknik yang dilakukan menggunakan mikroorganisme untuk dapat mengolah polutan menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Bioremediasi dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan tertentu dari mikroorganisme dalam mengolah polutan yang ada. Beberapa mikroorganisme memiliki kemampuan yang unik yang dapat mendegradasi suatu senyawa menjadi lebih sederhana. Pengolahan yang dilakukan mikroorganisme dalam mendegradasi dapat dilakukan menggunakan enzim yang dihasilkan untuk mendegradasi polutan atau menggunakan polutan sebagai substrat yang nantinya akan diolah oleh mikroorganisme. Salah satu mikroorganisme yang potensial digunakan untuk mendegradasi polutan adalah *Dark Septate Endophytes* (DSE).

*Dark Septate Endophytes* adalah kelompok jamur yang tumbuh dan berkembang di sekitar jaringan akar tanaman. Fungi DSE memiliki kemampuan bertahan hidup pada kondisi yang ekstrim (Cahyo, 2021). Kolonisasi DSE telah banyak ditemukan pada 600 spesies tanaman meliputi 320 genus dan 114 famili dan tersebar luas mulai dari wilayah tropis, kutub dan pegunungan. Variasi kemampuan jamur DSE memiliki kemampuan yang berbeda bergantung dengan strain yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Melati *et al.* (2023) ditemukan bahwa terdapat beberapa jenis DSE yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi fenol salah satunya adalah strain KSP atau *Cladosporium tenuissimum* (nomor akses GenBank: MN213745.1).

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai bioremediasi masih terbatas

dikarenakan fakta bahwa kemampuan bertahan dan aktivitas mikroba masih terhambat oleh lingkungan yang ekstrim. Senyawa polutan fenol berpotensi dapat menghambat atau menghancurkan mikroba (Zhao, 2020). Metode adsorpsi bekerja dengan memanfaatkan situs aktif yang memiliki gugus fungsional sehingga dapat membuat ikatan hidrogen dan luas permukaan pori biochar sehingga fenol dapat mengisi pori tersebut (Liu *et al*, 2011; Wang *et al*, 2015). Modifikasi menggunakan imobilisasi perlu dilakukan dalam upaya meningkatkan efisiensi reduksi fenol, meningkatkan ketahanan mikroba pada konsentrasi yang tinggi, menyediakan kemampuan penggunaan ulang pada agen pereduksi (Lou *et al*, 2019). Alginat sebagai matriks pendukung dalam proses imobilisasi FBIC memiliki keunggulan berdasarkan penelitian terdahulu, seperti meningkatkan stabilitas, efisiensi, bersifat biodegradable, tidak bersifat toksik bagi sel atau enzim (Kumari *et al*, 2014). Penelitian mengenai imobilisasi terhadap fungi sebelumnya telah dilakukan oleh Ali *et al*, (2021), imobilisasi dilakukan menggunakan fungi *Penicillium chrysogenum* dan *Cephalotheca foveolate* dan mendapatkan hasil optimal pada perlakuan imobilisasi menggunakan alginat dengan presentase reduksi kadmium sebesar 51,7% dibandingkan tanpa proses imobilisasi dengan nilai reduksi sebesar 42,2%. Modifikasi antara biochar dan fungi dse dengan imobilisasi menggunakan alginat pada FBIC diharapkan dapat memberikan keuntungan dalam reduksi fenol.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh dari bahan pembuatan biochar menggunakan bagian tanaman eceng gondok (daun, batang dan akar) dan pengaruh suhu yang digunakan dalam proses produksi biochar terhadap efisiensi reduksi fenol?
2. Bagaimana kondisi optimum dari proses adsorpsi biochar eceng gondok terpilih dengan parameter waktu kontak, konsentrasi awal fenol dan dosis biochar yang digunakan?
3. Bagaimana potensi dan efektifitas pemanfaatan biochar sebagai matriks immobilisasi *Fungi Biochar Immobilized Complex* (FBIC) dalam mereduksi fenol?

## 1.3. Tujuan

1. Menganalisis pengaruh dari bahan pembuatan biochar menggunakan bagian tanaman eceng gondok dan pengaruh suhu yang digunakan dalam proses produksi biochar terhadap efisiensi reduksi fenol.
2. Menganalisis kondisi optimum reduksi fenol pada berbagai waktu kontak, konsentrasi awal fenol dan dosis biochar dari biochar eceng gondok terpilih.
3. Mengevaluasi potensi dan efektifitas biochar berbahan dasar eceng gondok terpilih sebagai *Fungi Biochar Immobilized Complex* (FBIC) dengan fungi DSE dalam mereduksi fenol.

## 1.4. Manfaat

1. Memberikan informasi dan panduan teknis serta solusi dalam pengelolaan

tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang dapat dimanfaatkan sebagai agen reduksi fenol.

2. Menambah literatur ilmiah mengenai pengembangan material biochar sebagai *Fungi Biochar Immobilized Complex* (FBIC) untuk meningkatkan kemampuan dalam proses adsorpsi fenol.
3. Memberikan formulasi dan panduan teknis dalam mengembangkan dan menerapkan biochar sebagai matrik imobilisasi mikroorganisme pendegradasi senyawa polutan untuk meningkatkan kemampuan pengolahan senyawa polutan.