

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk keperluan rumah tangga (*domestic use*) baik sebagai air minum, mandi, cuci, kakus (MCK) maupun keperluan industri (Priyana, 2016). Air tanah umumnya mengandung unsur-unsur organik maupun anorganik seperti aluminium, besi oksida, silika dan jamur dalam bentuk koloidal dan tersuspensi serta kandungan substansi terlarut seperti klorida, sulfat, nitrit dan nitrat (Rahmanna, 2017). Fluorida merupakan salah satu substansi terlarut dan merupakan elemen yang sangat elektronegatif dan aktif sehingga terdistribusi di alam secara meluas dan ditemukan dalam mineral-mineral di tanah, udara, air, tumbuhan, dan juga binatang. Fluorida memiliki efek yang bermanfaat terhadap pencegahan karies gigi pada konsentrasi tertentu, namun pada keterpaparan yang berlebihan dapat meningkatkan efek yang tidak diinginkan yaitu fluorosis gigi, fluorosis tulang, juga kanker (Kumala, 2019). Lebih lanjut, fluorida dapat membentuk ikatan kuat dengan logam beracun lainnya seperti aluminium dan timbal, sehingga mengubah toksisitas zat tersebut ketika dicerna (Alkurdi dkk., 2019).

Kandungan fluorida di dalam air berbeda-beda tergantung dari keadaan hidrogeologis daerahnya. Menurut Li dkk. (2016), sumber fluorida utama pada perairan berasal dari batu lempung yang terbentuk akibat erosi batuan karbonat. Konsentrasi fluorida di dalam air tanah mencapai lebih dari 67 mg/L, dan pada air permukaan konsentrasinya kurang dari 0,1 mg/L (Lestari, 2014). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sumiok (2015) pada Desa Botongpante Dua di Kecamatan Sinonsayang Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara didapatkan konsentrasi fluorida dalam air tanah sebesar 3,57 mg/L. Selain itu, Wacano dkk. (2022) mendapatkan kandungan fluorida di air tanah pada Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur sebesar 4,20 mg/L. Konsentrasi ini tidak memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan yaitu 1,5 mg/L.

Oleh karena itu, harus dilakukan pengolahan terhadap air yang mengandung fluorida dalam konsentrasi yang tinggi tersebut agar tidak membahayakan jika dikonsumsi oleh masyarakat.

Salah satu teknik pengolahan air yang dapat diterapkan adalah teknik adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penjerapan suatu substansi pada permukaan adsorben. Adsorpsi memiliki keunggulan mudah dioperasikan, sederhana dan ramah lingkungan (Sun dkk., 2024). Sistem adsorpsi terbagi dua yaitu sistem *batch* dengan penempatan larutan kontaminan (adsorbat) pada kontainer (reaktor *batch*) terhadap media adsorpsi (adsorben) dan sistem kolom dengan melewati larutan kontaminan (adsorbat) ke dalam kolom yang berisi adsorben dengan laju aliran tertentu. Sistem kolom memiliki kelebihan yaitu dapat menjerap pencemar secara optimal sampai kondisi jenuh dan aplikasi lebih ekonomis dan debit yang dapat dikontrol (Nelson dkk., 2020).

Salah satu jenis adsorben adalah *biochar*. *Biochar* merupakan materi padat yang terbentuk dari karbonisasi biomassa sehingga mengandung karbon (C) yang tinggi yaitu lebih dari 50%. *Biochar* memiliki porositas yang tinggi sehingga cocok dijadikan sebagai adsorben. Penelitian yang pernah dilakukan oleh Sha dkk. (2023) dengan menggunakan komposit *biochar* yang dibuat dari daun dan cangkang telur untuk menyisihkan fluorida dari sampel air. Efisiensi penyisihan rata-rata fluorida dapat mencapai 98,53% ketika dosis adsorben 1,6 g/L dan konsentrasi fluorida 500 mg/L. Kapasitas adsorpsi bahan komposit *biochar* mencapai 308 mg fluorida/g. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Dos dkk. (2023) yang menyisihkan fluorida menggunakan *biochar* yang dihasilkan dari ampas kopi pada suhu stabilisasi biomassa tanpa modifikasi kimia dan fisik didapatkan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,53 mg fluorida/g. Kumar dkk. (2019) telah menggunakan *biochar* yang dihasilkan dari residu kacang tanah yang mempunyai kapasitas adsorpsi sebesar 3,66 mg fluorida/g. Sadhu dkk. (2022) menyisihkan 9,5 mg fluorida/g dalam sampel air tanah menggunakan *biochar* yang dihasilkan dari kulit semangka.

Salah satu kelebihan teknik adsorpsi adalah regenerasi adsorben melalui proses desorpsi. Proses ini dapat me-*recovery* senyawa yang telah disisihkan dan adanya

reuse adsorben yang telah digunakan. Desorpsi dilakukan dengan mengontakkan adsorben yang telah digunakan dengan larutan yang dikenal dengan agen desorpsi berupa larutan asam, larutan basa, atau netral (Wankasi dkk., 2005). Adsorben dapat digunakan beberapa kali pada proses penyisihan pencemar dan dapat menghemat penggunaan adsorben. Penelitian tentang regenerasi adsorben telah dilakukan sebelumnya seperti penelitian yang dilakukan oleh Kimambo dkk. (2023) yang melakukan satu siklus regenerasi bauksit bekas dengan mengontakkan larutan NaOH 0,015 mol/L selama 2 jam dengan sistem kolom didapatkan efisiensi penyisihan rata-rata fluorida mencapai 78,23%.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan penyisihan fluorida dari air tanah dengan adsorpsi sistem kontinu menggunakan kolom tunggal dengan adsorben dari *biochar* berbahan kayu yang dihasilkan dari proses pembakaran pada kompor biomassa. Kompor biomassa merupakan kompor yang berbahan bakar padat. Selain itu, diuji juga regenerasi *biochar* yang telah digunakan untuk menyisihkan pencemar yang sama, sehingga diketahui kemampuan regenerasi *biochar* tersebut. Penggunaan *biochar* sebagai adsorben mendukung prinsip teknologi ramah lingkungan (*green technology*) dan ekonomi sirkular. *Biochar* ini dihasilkan dari limbah serbuk kayu yang telah diubah menjadi bentuk pellet. Pellet ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada kompor biomassa yang digunakan untuk memasak. Setelah proses pembakaran, didapatkan *biochar* sebagai produk sampingan. *Biochar* tersebut selanjutnya digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan pencemar dari air tanah. Prinsip penelitian ini adalah menggunakan dan menguji hasil sampingan dari proses memasak dengan kompor biomassa tanpa tambahan perlakuan khusus serta memanfaatkan agen desorpsi yang mudah diperoleh dan tersedia secara luas di lapangan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi dalam pengolahan air tanah yang dapat diadopsi oleh masyarakat.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji pemanfaatan dan regenerasi *biochar* hasil pembakaran kompor biomassa untuk menyisihkan fluorida

dari air tanah dengan menggunakan kolom adsorpsi tunggal. Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menentukan efisiensi penyisihan rata-rata fluorida dari air tanah menggunakan *biochar* kayu pinus hasil pembakaran kompor biomassa pada kolom adsorpsi tunggal;
2. Menentukan kapasitas adsorpsi *biochar* kayu pinus hasil pembakaran kompor biomassa dalam menyisihkan fluorida dari air tanah pada kolom adsorpsi tunggal;
3. Menganalisis pemanfaatan dan kemampuan regenerasi adsorben *biochar* kayu pinus hasil pembakaran kompor biomassa untuk menyisihkan fluorida pada kolom adsorpsi tunggal;
4. Membandingkan kemampuan regenerasi adsorben *biochar* kayu pinus hasil pembakaran kompor biomassa dengan adsorben karbon aktif yang dijual di pasaran dalam menyisihkan fluorida pada kolom adsorpsi tunggal.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan limbah kayu pinus dan hasil pembakaran kompor biomassa menjadi alternatif adsorben;
2. Meningkatkan kualitas air tanah sehingga aman untuk dikonsumsi;
3. Menjadi teknologi alternatif pengolahan air tanah;
4. Mendukung *green technology* dan *circular economy* dimana memanfaatkan limbah sebagai adsorben dan bahan bakar serta regenerasi adsorben tersebut dalam proses penyisihan kontaminan di air tanah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Percobaan dilakukan menggunakan kolom selama 720 menit menggunakan air tanah artifisial multikomponen.
2. Kolom adsorpsi yang digunakan adalah kolom tunggal yang dijual di pasaran berbahan akrilik dengan diameter 7 cm dan tinggi 19,5 cm.
3. Adsorben yang digunakan berupa *biochar* yang diperoleh dari hasil pembakaran pelet kayu pinus pada kompor biomassa.

4. Pembakaran pada kompor biomassa dengan prinsip gasifikasi dilakukan selama 2 jam.
5. Proses adsorpsi dilakukan 3 kali dengan 2 kali regenerasi adsorben.
6. Proses desorpsi dilakukan dengan pencucian adsorben menggunakan akuades dan dilakukan pengeringan di udara terbuka selama 2 jam.
7. Pengambilan sampel dari reaktor dilakukan pada menit ke-0, 120, 240, 480, 600, 720.
8. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (triplo).
9. Percobaan dilakukan dengan kecepatan alir 313 mL/min dengan aliran *upflow* (Reynolds dan Richards, 1996).
10. Percobaan menggunakan adsorben karbon aktif komersial sebagai pembanding.
11. Ukuran adsorben yang digunakan adalah sesuai dengan ukuran karbon aktif komersial yaitu 0,2-0,5 cm.
12. Pengujian fluorida dilakukan dengan metode alizarin merah dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm sesuai dengan SNI 06-2483-1991.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang pencemaran air tanah, fluorida dan dampak fluorida, adsorpsi, desorpsi dan regenerasi, *biochar*, *biochar* hasil pembakaran kompor biomassa sebagai adsorben, serta teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode analisis laboratorium, lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.

