

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan salah satu sumber utama pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat di Indonesia, khususnya untuk kegiatan sehari-hari. Beberapa studi menunjukkan bahwa kualitas air tanah di Indonesia khususnya di Jawa Timur seringkali mengandung besi (Fe) dan mangan (Mn) berlebih dan menimbulkan beberapa permasalahan seperti perubahan warna, rasa, dan bau pada air serta risiko kesehatan jangka panjang (Ayu et al., 2020). Fenomena ini secara nyata terjadi di wilayah Kabupaten Sidoarjo, khususnya di Kecamatan Porong dan Tanggulangin. Berdasarkan hasil pengujian, konsentrasi Fe pada beberapa titik sampling menunjukkan angka 1,5 mg/L dimana hasil tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Kondisi serupa juga ditemukan pada parameter Mn dengan kadar mencapai 4,1 mg/L dimana nilai tersebut melewati standar baku mutu, yaitu sebesar 0,1 mg/L. Tingginya konsentrasi kedua parameter ini menjadi bukti nyata bahwasanya air tanah di sekitar lokasi tersebut telah mengalami degradasi kualitas dan tidak lagi memenuhi standar kelayakan air bersih. Untuk mengatasi kondisi tersebut, diperlukan suatu metode pengolahan yang mampu menurunkan konsentrasi Fe dan Mn dalam air tanah.

Salah satu pengolahan yang sering digunakan untuk pengolahan air tanah dengan kandungan Fe dan Mn adalah melalui unit aerasi. Aerasi bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dalam air. Oksigen ini yang berperan sebagai oksidator yang mengubah Fe dan Mn menjadi senyawa yang tidak larut dalam air dan dapat dipisahkan pada unit proses selanjutnya. Meskipun demikian, unit aerasi pada umumnya memiliki beberapa keterbatasan terutama pada kemampuan transfer oksigen. Pada aerasi konvensional, distribusi gelembung udara cenderung kurang merata dan menyebabkan proses transfer oksigen tidak bisa berlangsung secara optimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, *airlift reactor* digunakan sebagai alternatif teknologi dengan memanfaatkan geometri reaktor berupa zona *riser* dan *downcomer* yang

menghasilkan perbedaan densitas antara fase gas dan fase cair. Sistem ini membentuk sistem aliran kontinu tanpa memerlukan komponen mekanis, sehingga pencampuran fluida menjadi lebih efisien. Serta distribusi gelembung gas di dalam reaktor cenderung lebih merata dan berpotensi meningkatkan efisiensi transfer oksigen dibandingkan dengan sistem aerasi konvensional.

Pola aliran yang terbentuk di dalam reaktor merupakan bagian dari fenomena hidrodinamika dalam sistem dua fase gas-cair yang bersifat kompleks. Interaksi antara kedua fase tersebut menyebabkan terbentuknya pola aliran yang tidak seragam dan sulit diamati secara langsung melalui eksperimen. Keterbatasan instrumen fisik untuk untuk memetakan pola aliran fluida pada seluruh reaktor secara *real-time* menjadi alasan utama penggunaan pendekatan numerik. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang mampu memodelkan interaksi antara fase gas dan cair secara detail. Melalui simulasi CFD, distribusi fraksi gas, profil kecepatan fluida, serta intensitas turbulensi di dalam reaktor dapat divisualisasikan secara menyeluruh. Hal ini menjadi sangat krusial karena karakteristik hidrodinamika pada reaktor memiliki korelasi langsung terhadap peningkatan nilai koefisien transfer massa volumetrik (kLa) yang merupakan parameter penentu pelarutan oksigen di dalam air.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi kerapatan *draft tube* terhadap pola aliran fluida pada *airlift reactor*?
2. Bagaimana pengaruh variasi kerapatan draft tube terhadap distribusi gas holdup pada *airlift reactor*?
3. Bagaimana hubungan karakteristik hidrodinamika pada *airlift reactor* terhadap perubahan konsentrasi parameter Fe dan Mn terlarut pada air tanah?

1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh variasi kerapatan draft tube terhadap pola aliran fluida dalam *airlift reactor*.
2. Menganalisis pengaruh variasi kerapatan draft tube terhadap distribusi gas holdup pada *airlift reactor*.
3. Menganalisis hubungan antara karakteristik hidrodinamika pada *airlift reactor terhadap* konsentrasi parameter Fe dan Mn terlarut pada air tanah.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik hidrodinamika pada airlift reactor dalam proses pengolahan air tanah yang mengandung Fe dan Mn.
2. Menjelaskan peran variasi kerapatan *draft tube* terhadap perilaku aliran dan distribusi fase gas-cair dalam reaktor.
3. Menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan desain reaktor aerasi yang lebih efektif untuk mendukung proses oksidasi besi dan mangan.
4. Menjadi referensi akademik dalam penerapan pendekatan Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk analisis sistem reaktor dua fase pada bidang teknik lingkungan.

1.5 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu :

1. Penelitian ini menggunakan sampel air baku berupa air tanah
2. Penelitian menggunakan *airlift reactor* (ALR) skala laboratorium dengan sistem aliran kontinyu dengan validasi menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan bantuan *software* Ansys Fluent.

3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset dan Teknologi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur.
4. Parameter yang diteliti adalah tinggi draft tube.
5. Parameter yang dianalisis pada penelitian di lapangan, yaitu *dissolved oxygen* (DO), *gas holdup*, dan k_La .
6. Parameter yang dianalisis dalam pemodelan meliputi distribusi kecepatan aliran fluida, pola sirkulasi aliran (vector plot), dan distribusi gas holdup.