

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas pertambangan minyak bumi meliputi penggalian, pengolahan, penyimpanan, dan pengangkutan hasil minyak berpotensi menyisakan tumpahan minyak (Saha dan Kuldeep, 2021). Tumpahan minyak tersebut menjadi salah satu polutan penyebab kerusakan bagi lingkungan (Kiamarsi *et al.*, 2011). Kabupaten Bojonegoro sebagai salah satu daerah yang memiliki aktivitas penambangan minyak, khususnya di wilayah Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan. Lokasi ini memiliki lahan pascatambang yang rusak akibat adanya kegiatan pertambangan tersebut (Handrianto, 2013).

Lokasi pertambangan minyak bumi pada Desa Kedewan telah ditemukan kontaminan *oil sludge* pada sejumlah titik, dimana *oil sludge* sebagai bagian dari produk minyak bumi memiliki kandungan SO_3 , Pb, dan Cd berturut-turut sebesar 12.35 mg/L, 7.26 mg/L, dan 2.05 mg/L (Kurnain *et al.*, 2021). Kontaminan tersebut menyebabkan kerusakan tanah dengan menurunkan nilai fungsi tanah (Gorlenko dan Timofeeva, 2019) serta dapat mencemari permukaan air tanah akibat polutan yang bergerak spasial dan tersebar di permukaan tanah (Herlambang dan Tuti, 2018). Tumpahan minyak bersifat kontaminan yang mengandung senyawa hidrokarbon petroleum (*Petroleum Hydrocarbon*; PHC) yang diukur sebagai *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) (Schwartz *et al.*, 2012).

Merchan-Rivera (2017) menyebutkan, terdapat sembilan lubang tambang minyak bumi terbuka (*open pit oil mining*) yang tidak aktif di Ekuador Selatan memiliki rata-rata kandungan TPH pada sampel tanah mencapai 63,000 mg/kg.

TPH tersebut terdiri atas berbagai senyawa kimia, salah satunya Hidrokarbon Aromatik Polisiklik yang beracun bagi makhluk hidup (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*; PAH) (Peng *et al.*, 2009; Schwartz *et al.*, 2012).

PAH merupakan senyawa yang bersifat teratogenik, mutagenik, dan karsinogenik (Yuan *et al.*, 2021). Senyawa tersebut akan mengalami bioakumulasi, biokonsentrasi, dan translokasi pada organisme yang hidup. PAH dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan bagi tanaman karena toksisitas maupun kekurangan ketersediaan unsur hara pada tanah. Hal tersebut dibuktikan melalui Grifoni *et al.* (2020) yang menyebutkan, terjadi penurunan produktifitas pada *Zea mays* sekitar 78% pada tanah tercemar PAH, sehingga diperlukan adanya upaya prioritas perbaikan lingkungan, baik menggunakan agen makhluk hidup, maupun secara fisiko-kimia (Kuppusamy *et al.*, 2020).

Proses perbaikan lingkungan umumnya tidak dapat dilakukan dengan waktu yang sangat singkat. Faktor yang dapat mempengaruhi proses tersebut salah satunya luasan sebaran polutan (Herlambang dan Tuti, 2018). Keberadaan polutan tersebut mempengaruhi adanya ketersediaan biologi (*bioavailability*). Tumbuhan sebagai salah satu agen biologi memiliki kemampuan untuk melakukan fitoakumulasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, rhizodegradasi, dan rhizofiltrasi (Kumar *et al.*, 2020). Mikrobia juga memiliki sejumlah mekanisme metabolik untuk dapat menyerap dan toleran terhadap toksisitas polutan (Gkorezis *et al.*, 2016). Faktor mekanisme tersebut yang menjadi dasar pengambilan keputusan terkait penyelesaian permasalahan lingkungan secara biologis, karena sangat erat hubungannya dengan keberhasilan melalui proses

penguraian secara biologis (*biological degradation*) serta perombakan secara biologis (*biological transformation*) (Chen *et al.*, 2019).

Proses pengelolaan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologis di Indonesia telah diatur dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003. Peraturan tersebut mengacu kepada Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Adapun persyaratan limbah yang diizinkan untuk diolah secara biologis yakni tidak lebih dari 15% atau setara dengan 15,000 mg/kg. Hal ini sejalan dengan kriteria baku mutu EPA (1992) yang menyebutkan kadar TPH dalam tanah setidaknya $\leq 10,000$ mg/kg atau setara dengan 0.01 kg/kg, dimana baku mutu tersebut disesuaikan dengan kadar toksisitas TPH pada tanaman (Edenborn, 2007). Adapun apabila konsentrasi lebih dari 15%, maka perlu dilakukan pengolahan dengan teknologi yang tersedia, seperti secara fisik, mekanik, atau kimiawi (Kurnain *et al.*, 2021).

Fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan solusi alternatif yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis dalam melakukan perbaikan lingkungan (Parmar dan Singh, 2015). Fitoremediasi menggunakan agen tumbuhan digunakan sebagai pendekatan pendegradasi kontaminan dengan tingkat efisiensi yang tinggi (Yu *et al.*, 2011). Minyak mentah yang terkandung dalam kontaminan terdiri atas banyak rantai hidrokarbon yang berbeda, sehingga keberadaan tumbuhan dapat memulihkan tanah tercemar TPH lebih efektif dan efisien (Jain *et al.*, 2011). Hal tersebut dibuktikan dengan ditemukannya senyawa PAH yang mengalami biokonsentrasi di akar *Spinacia oleracea* L. sebesar 60.8% (setara dengan

13.37 mg/kg) yang hidup pada tanah tercemar TPH sebesar 22 mg/kg (Chen *et al.*, 2019).

Akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) merupakan tanaman yang kerap digunakan dalam pemulihan lingkungan, khususnya lahan pascatambang (Putri, 2019). Tanaman ini juga digunakan pendukung *green construction* dalam stabilitas lereng untuk mencegah terjadinya erosi (Kusminingrum dan Asep, 2016). Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Bojonegoro bersama Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Bojonegoro telah menggunakan akar wangi untuk menanggulangi resiko longsor di tepian sungai, salah satunya di Sungai Pacal, Desa Glagahan, Kecamatan Sugihwaras, Kabupaten Bojonegoro (Desa Glagahan, 2017). Tanaman akar wangi teridentifikasi memiliki toleransi yang tinggi terhadap kadar asiditas, alkalinitas, sodisitas dan salinitas yang cukup tinggi (Truong, 2002). Sifat toleran yang dimiliki oleh akar wangi membuat pemanfaatannya tidak terlepas peranannya sebagai salah satu agen fitoremeditor (Mondal *et al.*, 2018).

Akar wangi sebagai agen fitoremediator dalam rehabilitasi lahan pascatambang memiliki beberapa karakteristik secara morfologi dan fisiologi. Truong dan Loch (2004) menyebutkan, morfologi tanaman vetiver memiliki perakaran yang kuat dan masif serta tajuk dapat tumbuh membentuk penghalang yang menghambat aliran air dan sedimen dalam air limpasan; secara fisiologis tanaman vetiver toleran terhadap variasi iklim ekstrim seperti kekeringan, genangan, dan suhu antara -20°C hingga 55°C, mampu beradaptasi untuk berbagai jenis tanah pada pH 3.0-10.5, dan mampu tumbuh kembali dengan cepat setelah terkena cekaman lingkungan bahkan yang ekstrim sekaligus. Lahan pascatambang

sebagai salah satu lingkungan yang cukup ekstrim kerap memanfaatkan tanaman akar wangi untuk remediasi kontaminan, seperti pada pertambangan emas (Au), besi (Zn), maupun minyak bumi (Sekhar *et al.*, 2020; Hassan *et al.*, 2020; Nero, 2021).

Pemanfaatan tanaman akar wangi pada lahan tercemar minyak bumi telah dibuktikan oleh Promsing *et al.* (2021). Penelitian yang dilaksanakan dalam interval waktu 45 hari menghasilkan terjadi penyisihan kadar TPH sebesar 41,33%. Kadar TPH yang berada di dalam tanah pada hari ke-0 sebesar 10,043 mg/kg tersisihkan hingga 5.892 mg/kg. Penyisihan kadar TPH tersebut disertai dengan adanya peningkatan biomassa, dimana berat kering total pada tanaman uji meningkat dari 1.52 g menjadi 2.38 g. Kiamarsi *et al.* (2021), menambahkan kontaminan TPH juga berpengaruh terhadap peningkatan biomassa tanaman vetiver, dimana pada tanaman kontrol sebesar 90 g, sedangkan pada tercemar 4% TPH sebesar 120 gr dengan persentase penyisihan sebesar 38.30% dalam rentang waktu 30 hari perlakuan.

Akar wangi selain digunakan untuk revegetasi dan agen fitoremediator, juga memiliki potensi sebagai tanaman bernilai ekonomis tinggi. Hal tersebut karena adanya kandungan minyak atsiri di dalamnya (Sharmeen *et al.*, 2021). Studi yang dilakukan oleh Prasad *et al.* (2014) menyatakan, produksi rendemen minyak atsiri pada akar wangi yang terpapar logam Cd, Pb, dan Ni dengan dosis sedang (25-50 mg/kg tanah) mengalami peningkatan berkisar 30-35% dibandingkan tanaman tanpa paparan logam (kontrol). Peningkatan produksi minyak atsiri sebagai minyak esensial tersebut juga didukung dengan adanya peningkatan kandungan khusimol berkisar 5-10%, dimana khusimol merupakan salah satu

senyawa yang dapat mempengaruhi mutu dari minyak atsiri tersebut (Mulyono *et al.*, 2016). Studi yang dilakukan oleh Prasad *et al.* (2014) secara implisit menyebutkan, tanaman akar wangi yang terkontaminasi (pada dosis kontaminan tertentu) dapat pula meningkatkan produksi minyak esensial dan tetap bernilai ekonomis sekalipun digunakan untuk dekontaminasi kontaminan.

Beberapa parameter seperti pH, kadar TPH, dan respirasi tanah menjadi bagian dari sifat kimia tanah yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas tanah tercemar TPH (Nursyamsi *et al.*, 2007; Nasution, 2015). pH tanah turun seiring dengan besarnya konsentrasi minyak di dalam tanah, hal ini disebabkan oleh pelepasan ion H^+ pada kadar minyak saat terdisosiasi dengan air di dalam tanah (Liu *et al.*, 2012). pH tanah juga menentukan sifat tanah yang lain, salah satunya kelimpahan mikrobial (Kusumandaru *et al.*, 2015). Kesuburan tanah akan meningkatkan kelimpahan mikroba sehingga penguraian rantai molekul yang kompleks pada kontaminan menjadi molekul yang sederhana lebih cepat dan kontaminan dapat diserap oleh tanaman (Nasution *et al.*, 2015).

Penelitian terkait fitoremediasi akar wangi pada lahan pascatambang minyak bumi Kabupaten Bojonegoro masih perlu dilakukan pengembangan, sehingga dapat dijadikan basis data terkait penyisihan kadar TPH oleh fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi dengan lingkup *range finding test*, agen remediasi, dan pemberian aerasi. Berdasarkan uraian di atas dilakukan penelitian mengenai penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi berdasarkan variasi konsentrasi tanah tercemar dan pemberian aerasi serta interaksi antara kedua perlakuan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Apakah terdapat beda pada penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) berdasarkan pemberian aerasi dan variasi konsentrasi tanah tercemar serta berapa efisiensi penyisihan terbesar dalam menurunkan kadar TPH pada tanah pascatambang minyak bumi?
2. Bagaimana interaksi antara pemberian aerasi dan variasi konsentrasi oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini:

1. Mengetahui adanya beda pada penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) berdasarkan pemberian aerasi dan variasi konsentrasi tanah tercemar serta nilai efisiensi penyisihan terbesar dalam menurunkan kadar TPH pada tanah pascatambang minyak bumi.
2. Mengetahui interaksi antara pemberian aerasi dan variasi konsentrasi oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*).

1.4 Asumsi Penelitian

Tanah tercemar hidrokarbon pada lahan pascatambang minyak bumi Kabupaten Bojonegoro memiliki kadar kontaminan TPH yang tinggi. Rahayu *et al.* (2019) menyebutkan, kadar kontaminan tersebut pada lahan tambang minyak bumi Bojonegoro mencapai 41,200 mg/kg, yang artinya kadar tersebut sangat tinggi dan melebihi kadar yang diizinkan berdasarkan KepMenLH Nomor

128 Tahun 2003, yakni 15,000 mg/kg. Kadar TPH dapat tersisihkan oleh fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi, dimana tanaman ini telah terbukti dapat mendekontaminasi TPH berdasarkan penelitian Nero (2021), Promsing (2021), dan Kiamarsi (2021). Fitoremediasi kontaminan TPH sebagai kontaminan organik dapat tersisihkan melalui mekanisme fitostabilisasi, rhizodegradasi, fitodegradasi, dan fitovolatilisasi (Kumar *et al.*, 2020).

Berdasarkan penjelasan di atas, tanaman akar wangi dapat diasumsikan sebagai agen fitoremediator untuk menyisihkan kadar TPH. Keberhasilan penyisihan TPH dilihat dari penurunan kadar TPH pada tanah setelah diberi perlakuan. Faktor yang dapat mempengaruhi proses remediasi yaitu variasi konsentrasi tanah tercemar dan pemberian aerasi, sehingga dilakukan variasi terhadap konsentrasi tanah tercemar dalam bentuk komposisi/ perbandingan tanah tercemar dengan *top soil* serta variasi ada tidaknya aerasi.

1.5 Hipotesis Penelitian

1.5.1 Hipotesis kerja

Hipotesis kerja pada penelitian ini:

1. Pemberian aerasi pada variasi konsentrasi tercemar mempengaruhi penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*). Konsentrasi tanah tercemar yang semakin tinggi akan menyisihkan TPH yang semakin sedikit.
2. Interaksi pemberian aerasi dan variasi konsentrasi tanah tercemar dapat menyisihkan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*).

Pemberian aerasi dapat meningkatkan penyisihan kadar TPH.

1.5.2 Hipotesis statistik

Hipotesis statistik pada penelitian ini:

H_{0a}: Tidak ada beda penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) berdasarkan pemberian aerasi pada variasi konsentrasi tanah tercemar.

H_{1a}: Ada beda penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) berdasarkan pemberian aerasi pada variasi konsentrasi tanah tercemar.

H_{0b}: Tidak ada beda penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) berdasarkan interaksi antara pemberian aerasi dan variasi konsentrasi

H_{1b}: Ada beda penyisihan kadar TPH oleh tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) berdasarkan interaksi antara pemberian aerasi dan variasi konsentrasi.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mendapatkan basis data terkait penyisihan kadar TPH oleh fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi (*Chrysopogon zizanioides*) pada lahan pascatambang minyak bumi Kabupaten Bojonegoro. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam melakukan rehabilitasi lahan pascatambang, khususnya pada aktivitas pertambangan minyak bumi.