

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan penghasil timah terbesar di Indonesia sekaligus terbesar kedua di dunia setelah Cina. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menunjukkan adanya peningkatan ekspor timah sebesar 11.471,03 metrik ton dalam kurun waktu tahun 2020–2021. Peningkatan ekspor tersebut sangat berdampak pada perluasan area penambangan setiap tahunnya, yaitu dari 155.168,3 hektar (ha) pada tahun 2020 menjadi 156.531,3ha pada tahun 2021. Perluasan tersebut menyisakan lahan kritis seluas 20.438ha (DIKPLHD, 2022).

Lahan kritis akibat penambangan timah mengubah sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Hamid dkk., 2017). Tanah pascatambang timah sebagian besar merupakan pasir *tailing* (91,02%) (Sukarman & Gani, 2020). Penelitian oleh Kurnia & Rohaendi (2023) melaporkan bahwa tekstur tanah pascatambang timah didominasi oleh fraksi pasir sebesar 91,02%, fraksi debu sebesar 5,27%, dan fraksi liat sebesar 3,73%. Perubahan sifat fisik tersebut juga diikuti oleh perubahan sifat kimia tanah berupa menurunnya pH dan miskinnya unsur hara (Haryati dkk., 2019; Sukarman & Gani, 2020).

Dampak lain dari perubahan sifat kimia tanah adalah tercemarnya tanah oleh logam berat (Kurniawan & Mustikasari, 2019). Kurnia & Rohaendi (2023) melaporkan bahwa tanah pascatambang timah mengandung

Cd, Pb, Zn, Cr, dan Mn dengan konsentrasi yang melebihi nilai *Maximum Allowable Concentration* (MAC). Akan tetapi, dari semua logam berat tersebut, Cd menunjukkan proporsi tertinggi, yaitu sebesar 96% dengan konsentrasi 12,36 mg/kg, melampaui nilai MAC Cd sebesar 5 mg/kg (Kabata-Pendias & Szteke, 2015). Tingginya konsentrasi dan sebaran Cd yang relatif merata pada tanah pascatambang timah (Kurnia & Rohaendi, 2023) berkaitan dengan sifat Cd yang mudah terlepas dari mineral pengikatnya, seperti *sphalerite* dan galena, selama proses pencucian timah sehingga semakin meningkatkan mobilitas dan akumulasinya di lapisan atas tanah.

Tanah pascatambang timah yang tercemar Cd memiliki risiko ekologis paling besar daripada logam berat lainnya meskipun dalam konsentrasi yang rendah (Jianfeng & Lixiao, 2023). Keberadaan Cd dapat menurunkan kualitas tanah, bersifat toksik bagi tanaman (Bouida dkk., 2022), dan mengakibatkan berbagai penyakit, salah satunya adalah kanker bagi orang yang mengonsumsi tanaman yang terkontaminasi (Hayat dkk., 2019). Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan yang efektif untuk mengurangi konsentrasi Cd pada tanah pascatambang timah. Salah satu metode yang dinilai ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah fitoremediasi, yaitu pemanfaatan tumbuhan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat ke dalam jaringan tanaman sehingga konsentrasinya dalam tanah dapat berkurang.

Upaya fitoremediasi logam berat pada tanah pascatambang timah telah dilakukan menggunakan beberapa jenis tumbuhan akumulator, seperti

rumput kumpai (*Hymenachne acutigluma*), rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) (Khodijah dkk., 2019), akasia (*Acacia mangium*), dan senduduk (*Melastoma malabathricum*) (Darlis dkk., 2023). Akan tetapi, sebagian besar tumbuhan tersebut merupakan tumbuhan liar yang hanya memiliki fungsi ekologis dan belum memberikan nilai ekonomi langsung. Oleh karena itu, diperlukan alternatif tanaman yang tidak hanya efektif secara ekologis, tetapi juga bernilai ekonomi. Salah satu tanaman lokal di Pulau Bangka yang telah lama dimanfaatkan untuk produksi minyak atsiri dan berpotensi sebagai fitoremediator logam berat adalah serai wangi (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle).

Serai wangi mampu tumbuh pada berbagai jenis tanah (Cheng dkk., 2023) dan telah dilaporkan efektif dalam menurunkan konsentrasi Cd pada tanah tercemar. Nayak & Patra (2025) melaporkan bahwa serai wangi mampu menurunkan konsentrasi Cd hingga sekitar 75,1% pada tanah tercemar. Selain itu, serai wangi memiliki dua mekanisme dalam fitoremediasi, yaitu fitostabilisasi (Kaur dkk., 2023) dan fitoekstraksi dengan kemampuan menyerap Cd hingga 20,29 ppm pada tanah tercemar (Sulastri dkk., 2019).

Kemampuan serai wangi dalam meremediasi Cd berpengaruh terhadap pertumbuhannya. Serai wangi yang ditanam pada tanah tercemar Cd mengalami klorosis, penurunan kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil (Sulastri dkk., 2022), penurunan aktivitas RUBISCO (Nayak & Patra, 2025), serta kerusakan pada jaringan epidermis dan korteks akar (Sulastri dkk., 2022). Oleh karena itu, diperlukan perlakuan tambahan yang mampu

menurunkan toksisitas Cd terhadap tanaman sehingga fitoremediasi tetap berlangsung dengan kondisi pertumbuhan yang lebih optimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mendukung kinerja fitoremediasi adalah penambahan biochar sebagai amandemen tanah.

Biochar dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Jeffery dkk., 2015), sekaligus berfungsi sebagai adsorben logam berat serta perbaikan sifat fisikokimia tanah (Deem & Crow, 2017; Fahmi dkk., 2018a). Salah satu bahan potensial untuk produksi biochar adalah limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang tersedia melimpah di Pulau Bangka, tetapi pemanfaatannya hingga saat ini masih terbatas. Biochar TKKS memiliki sifat alkalin sehingga mampu meningkatkan pH pada tanah asam (Hadi & Norazlina, 2021).

Sinergi antara biochar dengan tumbuhan akumulator terbukti efektif dalam meremediasi tanah tercemar logam berat (Ghosh & Maiti, 2020; Narayanan & Ma, 2022). Samsuri dkk. (2020) melaporkan bahwa penggunaan biochar TKKS sebagai media tanam sawi (*Brassica juncea*) pada tanah yang tercemar Cd dan Pb dapat menurunkan konsentrasi kedua logam tersebut pada jaringan tanaman sekaligus meningkatkan pertumbuhannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa biochar TKKS bekerja melalui mekanisme adsorpsi, imobilisasi sebagian logam, dan perbaikan kondisi tumbuh, sehingga menurunkan tekanan toksik dan memungkinkan tanaman tumbuh lebih optimal sambil tetap menjalankan proses penyerapan logam. Meskipun demikian, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara khusus

mengkaji kombinasi serai wangi dan biochar TKKS pada tanah pascatambang timah yang tercemar Cd di Pulau Bangka. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengkaji responss pertumbuhan serta kemampuan serai wangi dalam meremediasi Cd pada tanah pascatambang timah dengan penambahan biochar TKKS.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh dosis biochar TKKS terhadap penurunan Cd dan pertumbuhan serai wangi pada tanah pascatambang timah?
2. Bagaimana kemampuan serai wangi dalam meremediasi Cd pada tanah pascatambang timah?
3. Adakah interaksi antara biochar TKKS dan serai wangi terhadap penurunan konsentrasi Cd pada tanah pascatambang timah?
4. Kombinasi perlakuan manakah yang menghasilkan penurunan konsentrasi Cd tertinggi?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh dosis biochar TKKS terhadap kandungan Cd dan pertumbuhan serai wangi pada tanah pascatambang timah.
2. Mengkaji kemampuan serai wangi dalam meremediasi Cd pada tanah pascatambang timah.
3. Mengkaji interaksi antara biochar TKKS dan serai wangi terhadap penurunan konsentrasi Cd pada tanah pascatambang timah.

4. Menganalisis kombinasi perlakuan yang menghasilkan penurunan konsentrasi Cd tertinggi.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya dasar ilmiah mengenai pengaruh kombinasi biochar TKKS dan serai wangi dalam fitoremediasi tanah pascatambang timah yang tercemar Cd. Secara khusus, penelitian ini berpotensi memperluas pemahaman tentang mekanisme interaksi antara amandemen berbasis biochar dan tanaman fitoremediator dalam menurunkan konsentrasi Cd pada tanah berpasir dengan pH asam, seperti tanah pascatambang timah.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam upaya rehabilitasi dan revitalisasi lahan pascatambang timah yang tercemar logam berat sehingga fungsi ekologis dan produktivitasnya dapat dipulihkan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung diversifikasi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit melalui pengolahannya menjadi biochar sebagai bahan amandemen tanah. Penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung peningkatan nilai ekonomi serai wangi melalui pemanfaatannya sebagai tanaman

fitoremediator sekaligus sumber bahan baku produk bernilai komersial, seperti minyak atsiri.