

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam di sektor pertambangan, termasuk nikel. Pada tahun 2021, produksi nikel Indonesia diperkirakan mencapai 1,00 juta metrik ton, yang berkontribusi sebesar 30,40 persen dari total produksi nikel global, menjadikan Indonesia sebagai produsen nikel utama di dunia (Taufikurahman et al., 2023). Menurut *US Geological Survey* (USGS) pada tahun 2022, Indonesia memiliki cadangan nikel terbesar di dunia, dengan total cadangan mencapai 21 juta ton, yang setara dengan 22 persen dari cadangan nikel global. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, pertambangan didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang mencakup penelitian, pengelolaan, dan pengusahaan mineral atau batubara. Kegiatan ini meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan, penjualan, serta kegiatan pasca-tambang.

Kegiatan pasca-tambang sering kali terabaikan, padahal komponen tanah utama yang sebelumnya dihilangkan harus dikembalikan ke tempat semula. Dampak negatif dari kegiatan pasca-tambang perlu diminimalkan dan dikendalikan agar tidak merusak lingkungan. Kerusakan lahan akibat penambangan terhadap kawasan hutan diperkirakan mencapai 2 juta hektar setiap tahunnya, atau sekitar 10% (Setyowati et al., 2018). Tantangan lain yang dihadapi adalah bahwa penerapan prinsip Environmental, Social, and Governance (ESG) dan good mining practice belum sepenuhnya diterapkan oleh semua perusahaan yang berinvestasi dalam hilirisasi nikel.

Kerusakan tanah akibat aktivitas pertambangan memerlukan penanganan khusus agar ekosistem lahan dapat pulih. Salah satu usaha yang dapat dilakukan pada lahan pasca tambang yaitu dengan melakukan reklamasi. Proses reklamasi lahan bekas tambang sering kali sulit dan memakan waktu, disebabkan oleh perubahan sifat tanah yang terjadi secara kimiawi dan fisik. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mengatasi tantangan ini. PT Vale Indonesia Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang nikel terbesar di Indonesia, telah menginisiasi program rehabilitasi lahan tambang di Sorowako, Sulawesi Selatan. Hingga tahun 2024, PT Vale telah mereklamasi sekitar 3.817 hektar lahan bekas tambang dengan menanam lebih dari 4,8 juta pohon. Perusahaan juga membangun fasilitas persemaian modern seluas 2,5 hektar di Sorowako, yang mampu memproduksi hingga 700.000 bibit per tahun dari lebih dari 665 jenis tanaman, termasuk pohon lokal seperti Eboni (*Diospyros celebica*) dan Dillenia. PT Vale secara aktif merehabilitasi daerah aliran sungai (DAS), dengan total rehabilitasi mencapai 10.280 hektar hingga tahun 2022, baik didalam maupun di luar wilayah operasional (Vale, 2024).

Pemanfaatan mikroorganisme tanah, terutama Jamur Pelarut Fosfat (JPF) yang telah banyak diteliti sebagai solusi potensial dalam memperbaiki kualitas tanah dan mempercepat proses revegetasi lahan bekas tambang. Jamur pelarut fosfat (JPF) adalah kelompok mikroba yang mampu melarutkan fosfat yang tidak tersedia dalam tanah menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Fosfor adalah elemen esensial yang diperlukan untuk berbagai fungsi fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, pembentukan ATP, dan pembelahan sel (Khan et al., 2023). Usaha yang dilakukan dalam memaksimalkan revegetasi yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah sebagai agen biofertilizer.

Hafsari, (2017) menyatakan bahwa tanaman menyerap fosfat dalam bentuk ion

fosfat anorganik, terutama H_2PO_4 dan HPO_4^{2-} . Namun, di dalam tanah, fosfat tersedia dalam bentuk terikat, seperti AlPO_4 pada tanah masam atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada tanah basa. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan penyerapan fosfat dalam tanah sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penelitian ilmuwan berfokus pada penggunaan mikroorganisme, khususnya Jamur Pelarut Fosfat (JPF), untuk memperbaiki kualitas tanah dan mempercepat revegetasi lahan bekas tambang. JPF tidak hanya meningkatkan ketersediaan fosfor, tetapi juga membantu memulihkan tanah dengan memperbaiki strukturnya. Keberadaan JPF pada tanah mampu mendukung pertumbuhan vegetasi, karena fosfat sebagai nutrisi penting tersedia dalam jumlah yang memadai. JPF melepaskan enzim fosfatase yang berperan menghidrolisis fosfat organik menjadi bentuk anorganik yang lebih mudah diserap oleh tanaman (Natalie Fitriatin et al., 2020). Dengan adanya JPF, tanah yang biasanya padat dan kurang permeabel dapat menjadi lebih gembur, sehingga akar tanaman dapat tumbuh lebih baik, stabilitas tanah meningkat, dan infiltrasi air juga lebih baik, yang penting untuk pemulihan ekosistem.

Jamur Pelarut Fosfat (JPF) tidak hanya berperan dalam meningkatkan ketersediaan fosfor, tetapi juga berkontribusi dalam perbaikan struktur tanah khususnya dalam rehabilitasi lahan bekas tambang. Penelitian sebelumnya pada ekosistem mangrove telah ditemukan beberapa genus JPF, diantaranya *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, dan *Trichoderma* (Mutmainnah, 2024). Namun, kajian mengenai keanekaragaman dan kelimpahan JPF di lahan marginal, seperti kawasan bekas tambang masih terbatas. Tanah area bekas tambang umumnya padat dengan permeabilitas rendah, sehingga keberadaan JPF berpotensi memperbaiki tekstur tanah, meningkatkan aerasi, serta mempercepat infiltrasi air.

PT Vale Indonesia Tbk, salah satu perusahaan pertambangan nikel terbesar di Indonesia, telah melakukan berbagai upaya rehabilitasi lahan pasca-penambangan di Sorowako, Sulawesi Selatan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi potensi jamur pelarut fosfat yang terdapat di area PT Vale Tbk Sorowako melalui pengujian makroskopis dan mikroskopis. Pendekatan mikrobiologis dengan menggunakan JPF lokal diharapkan dapat mempercepat pemulihan lahan dengan cara meningkatkan kualitas dan stabilitas tanah, serta mendukung keberlanjutan ekosistem melalui rehabilitasi berbasis mikroorganisme tanah. Secara keseluruhan, pemanfaatan JPF sebagai agen pemulihan hayati menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar dalam perbaikan lahan bekas tambang, misalnya melalui penggunaan biofertilizer.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja jamur pelarut fosfat yang dapat diisolasi dari lahan revegetasi 2011 di PT Vale Indonesia Tbk?
2. Bagaimana identifikasi makroskopis dan mikroskopis dari jamur pelarut fosfat yang diisolasi dari lokasi tersebut?
3. Bagaimana kemampuan pelarutan fosfat oleh isolat yang di isolasi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui jamur pelarut fosfat yang dapat di isolasi pada lahan revegetasi 2011 di PT Vale Indonesia Tbk.
2. Untuk mengetahui identifikasi makroskopis dan mikroskopis pada jamur pelarut fosfat yang di isolasi dari lokasi tersebut.
3. Untuk mengetahui kemampuan pelarutan fosfat dari isolat yang di temukan.

1.4 Manfaat Penelitian

Untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai kemampuan pelarutan fosfat dari isolat jamur, yang merupakan kunci dalam menentukan efektivitasnya sebagai agen biofertilizer, serta menyediakan solusi rehabilitasi lahan bekas tambang melalui identifikasi dan evaluasi jamur pelarut fosfat yang dapat memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan kesuburan, dan mendukung keberlanjutan ekosistem, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut di bidang mikrobiologi tanah dan bioteknologi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peran Mikroba Pelarut Fosfat Dalam Ekosistem Tanah

Fosfor merupakan unsur penting setelah nitrogen untuk tanaman. Fosfor total pada tanah masam memiliki konsentrasi yang tinggi namun ketersediaanya terbatas untuk diserap oleh tanaman (Sugianto, 2019). Fosfor pada tanah dapat membantu tanaman dengan menerima dan mengubah energi sinar matahari menjadi zat yang dapat diurai bagi tanaman (Riwat et al, 2020). Unsur hara fosfor pada tanah terbagi menjadi 2 bagian yaitu fosfor anorganik dan fosfor organik yang digunakan sebagai sumber hara penting bagi tanah, tanaman dan mikroorganisme lainnya.

2.2. Jamur Pelarut Fosfat

Mikroorganisme Pelarut Fosfat (MPF) terdiri dari berbagai jenis mikroorganisme, termasuk bakteri dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Rhizobium*, serta fungi seperti *Aspergillus* dan *Penicillium* (Sari et al., 2023). Mekanisme utama pelarutan fosfat oleh mikroba ini adalah melalui produksi asam organik seperti asam sitrat, glukonat, dan asam laktat yang mampu menurunkan pH di sekitar rizosfer, sehingga menyebabkan pelepasan ion fosfat dari kompleks mineralnya (Nugroho & Lestari, 2023). Selain itu, enzim fosfatase juga memainkan peran dalam memobilisasi fosfat organik di dalam tanah (Yuliani et al., 2024).

2.3. Identifikasi Jamur Pelarut Fosfat

Identifikasi jamur pelarut fosfat meliputi pengamatan morfologi makroskopis dan mikroskopis. Ciri-ciri umum yang diamati antara lain warna koloni, bentuk koloni, dan struktur hifa (Delinno, P. Y. B et al., 2024). Penelitian oleh Prodi Bioteknologi Tanah dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor (2023) melaporkan bahwa isolat jamur pelarut fosfat memiliki koloni berwarna hitam di tengah dan putih di tepi, dengan tekstur halus seperti kapas. Indeks pelarutan fosfat yang diperoleh berkisar antara 2,23 hingga 2,35, menunjukkan kemampuan sedang dalam melarutkan fosfat.

2.4. Potensi Aplikasi Jamur Pelarut Fosfat dalam Revegetasi Lahan Terdegradasi

Penggunaan jamur pelarut fosfat sebagai biofertilizer dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat dan mendukung pertumbuhan tanaman pada lahan revegetasi (Sitanggang, V et al., 2023). Aplikasi jamur pelarut fosfat tidak hanya meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah, tetapi juga dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah lainnya, sehingga mendukung keberhasilan revegetasi pada lahan yang sebelumnya terdegradasi (Pane, R. D. P. et al., 2022).

Selain itu, penelitian oleh Istina et al. (2024) menunjukkan bahwa inokulasi MPF pada lahan gambut dapat meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit melalui peningkatan ketersediaan fosfor. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan MPF dapat menjadi strategi efektif dalam rehabilitasi lahan terdegradasi.