

Potensi Mikroorganisme Lokal pada Reklamasi Lahan Terdegradasi Sebagai Pendukung Terwujudnya Ketahanan Pangan Nasional

Oetami Dwi Hajoeningtjas

Postdoctoral Program, Research Center for Horticultural and Estate Crops,
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN),

Jl. Raya Bogor km 46, Cibinong, West Java, Indonesia 16911

Agrotechnology Department, Agriculture and Fishery Faculty,

Universitas Muhammadiyah Purwokerto,

Jl. K.H. Ahmad Dahlan PO BOX 202, Banyumas, Central Jawa, Indonesia 53182

corresponding author:

oetamidwihajoeningtjas@ump.ac.id; oeta002@brin.go.id

Pendahuluan

Mikroba endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Penelitian tentang mikroba endofit telah menunjukkan berbagai manfaatnya, termasuk sebagai agen biokontrol tanaman (Harni et al., 2006). Selain itu, mikroba endofit dan mikroba tanah lokal telah diuji potensinya dan menjadi penting bagi kehidupan tanaman. Lebih dari 85% mikroorganisme yang terdapat di tanah berperan penting dalam merangsang pertumbuhan tanaman melalui mekanisme langsung dan tidak langsung (Aly et al., 2012).

Mikrobioma tanah, terutama dalam pertanian, berperan besar dalam kesuburan tanaman yang tumbuh di atasnya, dan penggunaan mikroba lokal telah membuktikan tidak menyebabkan kerusakan ekosistem lokal (Sudiana dkk., 2010). Mikroorganisme rizosfer memiliki peran penting dalam memberikan nutrisi, melindungi tanaman dari patogenik, dan mendorong pertumbuhan serta meningkatkan hasil panen (Sumarsih, 2003).

Namun, persoalan yang dihadapi adalah adanya 14 juta lahan kritis di Indonesia akibat degradasi lahan, yang menurunkan kapasitas produksi dan mengancam ketahanan pangan nasional (Hudoyo, 2020). Lahan terdegradasi memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang rendah, sehingga pemupukan dengan memperhatikan keseimbangan pupuk anorganik dan organik diperlukan untuk meningkatkan kesuburan tanah (Food and Fertilizer Technology Center, 2003).

Dalam upaya mengatasi degradasi lahan, penggunaan mikroorganisme seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan bakteri penambat nitrogen (Rhizobia) telah terbukti efektif dalam mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kualitas serta daya hidup tanaman di lahan-lahan marginal (Prematuri, R. 2020). Kombinasi pupuk hayati dan inokulan FMA terbukti meningkatkan hasil panen tanaman pangan pada lahan terdegradasi (Margareththa, dkk., 2017).

Pengembangan potensi mikroorganisme lokal juga menjadi fokus penelitian, termasuk eksplorasi dan uji mikroorganisme lokal pada lahan terdegradasi untuk penggunaan pada reklamasi lahan tersebut. Uji interaksi dan kompatibilitas antara mikroorganisme dan bahan organik serta amelioran lain menjadi langkah selanjutnya untuk meningkatkan efektivitas penggunaan mikroorganisme pada reklamasi lahan terdegradasi dan produksi tanaman.

Dalam rangka pembangunan hutan berwawasan lingkungan, pengembangan strategi alternatif dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti mikoriza dan bakteri penambat N menjadi penting untuk mendukung program revegetasi dan rehabilitasi lahan-lahan rusak akibat pertambangan (I Ketut Widnyana, ----). Penggunaan mikoriza sebagai pemicu pertumbuhan tanaman dan bakteri penambat nitrogen telah berhasil meningkatkan hasil tanaman pada lahan terdegradasi (Santoso et al., 2008; Sitorus et al., 2008).

Dalam upaya mendukung ketahanan pangan nasional, riset pengembangan potensi mikroorganisme lokal pada lahan terdegradasi perlu dilakukan. Eksplorasi dan uji mikroorganisme lokal pada lahan terdegradasi untuk pemanfaatan lebih lanjut menjadi langkah awal dalam mengoptimalkan peran mikroba endofit dan mikroba tanah dalam reklamasi lahan terdegradasi. Penggunaan mikroba lokal yang unggul dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan mengembalikan kualitas lahan yang baik untuk pertanian. Dengan demikian, potensi mikroorganisme lokal pada reklamasi lahan terdegradasi berperan penting dalam mendukung terwujudnya ketahanan pangan nasional.

Sintesis

Potensi mikroba pada lahan terdegradasi

Dalam rangka pembangunan hutan berwawasan lingkungan, upaya rehabilitasi lahan terdegradasi menjadi sangat penting untuk memulihkan ekosistem yang rusak akibat aktivitas manusia. Namun, untuk mencapai keberhasilan dalam program revegetasi dan rehabilitasi lahan-lahan rusak tersebut, dibutuhkan alternatif strategi yang tidak hanya efektif tetapi juga ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu alternatif strategi yang menarik adalah pemanfaatan mikroba endofit, seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan bakteri penambat nitrogen (*Bradyrhizobium/Rhizobium*).

FMA adalah jenis mikroba endofit yang hidup dalam simbiosis dengan akar tanaman dan membentuk struktur khusus yang disebut mikoriza. Mikoriza berfungsi sebagai perpanjangan akar tanaman yang dapat meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfor, dari tanah. Dalam proses revegetasi lahan terdegradasi, CMA memiliki peran penting dalam mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan kualitas serta daya hidup tanaman kehutanan pada lahan-lahan yang miskin unsur hara (Smith dan Read, 2008).

Di sisi lain, bakteri penambat nitrogen, seperti *Bradyrhizobium* dan *Rhizobium*, juga menjadi kunci dalam keberhasilan rehabilitasi lahan terdegradasi. Bakteri ini hidup di dalam akar tanaman legum dan membentuk nodul yang berfungsi untuk menambat nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman. Proses ini meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman legum pada lahan yang miskin nitrogen (Giller, 2001).

Beberapa penelitian telah menunjukkan keberhasilan pemanfaatan CMA dan bakteri *Bradyrhizobium/Rhizobium* dalam memperbaiki lahan marginal dan mengembalikan produktivitasnya. Studi-studi sebelumnya oleh De La Cruz (1988), Gracia (1886), dan Setiadi (2002) telah mendokumentasikan manfaat signifikan dari mikroba endofit ini dalam proses revegetasi dan rehabilitasi lahan terdegradasi.

Dengan pemanfaatan mikroba endofit seperti CMA dan bakteri penambat nitrogen, diharapkan rehabilitasi lahan terdegradasi dapat dilakukan dengan lebih efisien, efektif, dan berkelanjutan. Pemanfaatan mikroba endofit sebagai salah satu alternatif strategi dalam program revegetasi dan rehabilitasi lahan dapat menjadi langkah yang tepat menuju pembangunan hutan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

Potensi bakteri pada lahan terdegradasi

Bakteri merupakan mikroorganisme yang memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme yang menguntungkan. Salah satu manfaat utama bakteri bagi tanaman adalah dalam penyediaan unsur hara, seperti nitrogen (N) dan fosfor (P). Kelompok bakteri *Rhizobia*, misalnya, memiliki kemampuan untuk menambat nitrogen dari udara dan membentuk nodul akar pada tanaman kacang-kacangan dalam proses simbiosis (Bhattacharjee et al., 2008). Bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* juga memiliki kemampuan menambat nitrogen dan bersimbiosis dengan tanaman, sehingga berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman (Vessey, 2003).

Selain itu, beberapa kelompok bakteri seperti *Bacillus subtilis* dan *B. polymixa* memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat dalam tanah yang tidak tersedia bagi tanaman menjadi bentuk yang dapat digunakan. Mekanisme ini, seperti pelarutan unsur P dari bahan organik seperti fitat, berperan dalam meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman (Richardson et al., 2009).

Beberapa penelitian juga menyoroti pentingnya bakteri indigenus seperti *Azotobacter* sebagai pupuk hayati untuk tanaman lokal, seperti padi gogo, pada lahan marginal. Bakteri ini mampu beradaptasi di lingkungan yang kurang subur dan dapat berfungsi sebagai sumber nitrogen dan fosfor bagi tanaman (Nurmas et al., 2014). Selain itu, bakteri pelarut fosfat (BPF) juga berhasil dieksplorasi dari lahan gambut terdegradasi akibat kebakaran di suatu wilayah, menunjukkan potensi dalam meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman di lingkungan yang terdegradasi (Sari et al., 2018).

Secara keseluruhan, pemanfaatan berbagai kelompok bakteri, seperti *Rhizobia*, *Azotobacter*, dan BPF, memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman pada lahan terdegradasi dan marginal. Penggunaan bakteri ini sebagai biofertilizer dan PGPR telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, sehingga berkontribusi pada pembangunan hutan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

Potensi FMA pada lahan terdegradasi

Rehabilitasi lahan pasca tambang merupakan tantangan besar dalam upaya memulihkan ekosistem yang terdegradasi. Dari segi teknis, bekas areal pertambangan dapat dijadikan lahan pertanian atau tujuan produktif lainnya setelah dilakukan perbaikan kondisi lahan. Namun, kendala utama dalam rehabilitasi lahan adalah rendahnya kandungan unsur hara dan bahan organik, adanya toksisitas dari beberapa unsur tertentu, serta sifat fisik dan pH tanah yang buruk. Untuk mengatasi permasalahan ini, pemanfaatan pupuk hayati menjadi salah satu solusi yang menarik.

Pupuk hayati, seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA), dapat digunakan untuk memperbaiki sifat biologi tanah dan sebagai pemicu pertumbuhan tanaman (Santoso et al., 2008; Sitorus et al., 2008). Beberapa penelitian telah menunjukkan keefektifan pemanfaatan FMA dalam meningkatkan produktivitas tanaman, terutama pada padi gogo. Studi oleh Margarettha et al. (2017) menemukan bahwa pemberian pupuk hayati FMA dari genus *Glomus* dan *Acaulospora* meningkatkan anakan produktif padi gogo sebesar 15% hingga 23,78%. Inokulan FMA yang diproduksi oleh Lab. Biotek Hutan dan Lingkungan – PPSHB IPB juga terbukti bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman pada tanah latosol dan tailing tambang emas.

Selain FMA, beberapa jenis mikroba endofit lainnya juga memiliki potensi sebagai agen bioremediasi lahan terdegradasi. Fungi non-simbiosis (fns) dan bakteri juga menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman (Sayer dan Gadd, 1997; Baldrian, 2003; Munir et al., 2005; Siham, 2007; Satria et al., 2015; Ihsan dan Jawhary, 2014; Hajoeningtijas et al., 2021).

Dalam upaya rehabilitasi lahan terdegradasi, pemanfaatan mikroba endofit sebagai alternatif strategi dapat menjadi solusi yang lebih efisien, efektif, dan berkelanjutan. Berbagai penelitian telah memberikan bukti tentang manfaat signifikan dari penggunaan mikroba endofit dalam memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman pada lahan yang miskin unsur hara. Seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, diharapkan pemanfaatan mikroba endofit akan semakin berkembang dan memberikan dampak positif bagi rehabilitasi lahan terdegradasi.

Riset pengembangan potensi mikroorganisme lokal pada reklamasi lahan terdegradasi

Eksplorasi dan uji mikroorganisme lokal merupakan langkah awal yang penting dalam upaya pemanfaatan mikroba endofit untuk reklamasi lahan terdegradasi. Proses eksplorasi dilakukan dengan mengambil sampel mikroorganisme dari berbagai lokasi lahan terdegradasi, termasuk lahan asal yang mengalami degradasi. Sampel-sampel tersebut kemudian diuji secara laboratorium dan lapangan untuk mengetahui potensi dan kemampuan masing-masing isolat dalam memperbaiki kondisi tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (Riyanto, 2015).

Selanjutnya, isolat-isolat mikroorganisme yang menunjukkan hasil uji yang unggul dipilih untuk diuji lebih lanjut dalam skala yang lebih besar dan lebih representatif. Uji efektivitas jenis isolat tersebut dilakukan pada lahan terdegradasi yang lebih luas dan beragam. Hasil dari uji efektivitas ini akan menjadi dasar untuk menentukan isolat mana yang memiliki potensi terbaik dalam reklamasi lahan terdegradasi (Mardewi et al., 2020).

Identifikasi terhadap isolat-isolat unggul ini juga sangat penting dilakukan untuk mengetahui spesies mikroorganisme secara pasti. Teknik biomolekuler seperti analisis DNA dapat digunakan untuk mengidentifikasi secara akurat jenis mikroorganisme yang terlibat dalam proses reklamasi lahan terdegradasi (Prayogo et al., 2019).

Selain itu, penting juga untuk menguji interaksi dan kompatibilitas antara mikroorganisme yang dipilih dengan bahan organik dan amelioran lain yang akan digunakan dalam reklamasi lahan terdegradasi. Interaksi yang baik antara mikroorganisme dan bahan organik serta amelioran akan meningkatkan efektivitas mikroorganisme dalam memperbaiki kondisi tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (Susilawati et al., 2022).

Penutup

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme endofit, terutama fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan bakteri, memiliki potensi besar dalam mendukung reklamasi lahan terdegradasi. Penggunaan mikroba endofit sebagai salah satu alternatif strategi dalam program revegetasi dan rehabilitasi lahan dapat menjadi langkah yang efisien, efektif, dan berkelanjutan dalam upaya mendukung pembangunan hutan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

Eksplorasi dan uji mikroorganisme lokal pada lahan terdegradasi menjadi langkah awal penting dalam memanfaatkan mikroba endofit untuk reklamasi lahan tersebut. Proses ini melibatkan pengujian kemampuan masing-masing isolat dalam memperbaiki kondisi tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Isolat-isolat mikroorganisme yang menunjukkan hasil uji yang unggul dipilih untuk diuji lebih lanjut dalam skala yang lebih besar dan lebih representatif, sehingga dapat menentukan isolat terbaik dalam reklamasi lahan terdegradasi.

Selain itu, identifikasi spesies mikroorganisme secara pasti melalui teknik biomolekuler seperti analisis DNA menjadi penting untuk memahami peran dan potensi masing-masing mikroba dalam proses reklamasi lahan. Uji interaksi dan kompatibilitas antara mikroorganisme dengan bahan organik dan amelioran lain juga perlu dilakukan untuk meningkatkan efektivitas penggunaan mikroba endofit pada reklamasi lahan terdegradasi dan produksi tanaman.

Pemanfaatan potensi mikroorganisme lokal pada reklamasi lahan terdegradasi akan berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman dan perbaikan kualitas lahan yang baik untuk pertanian. Dengan demikian,

riset dan pengembangan potensi mikroorganisme lokal pada lahan terdegradasi menjadi kunci penting dalam mendukung terwujudnya ketahanan pangan nasional melalui pemulihan dan rehabilitasi lahan terdegradasi.

Daftar Pustaka

- Adesemoye, A. O., & Kloepper, J. W. (2009). Plant-microbes Interactions in Enhanced Fertilizer-use Efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 1-12.
- Ahmad, F., Ahmad, I., & Khan, M. S. (2005). Screening of Free-living Rhizospheric Bacteria for Their Multiple Plant Growth Promoting Activities. *Microbiological Research*, 163(2), 173-181.
- Aly, A. A. E., El-Enany, A. E., & Youssef, M. M. A. (2012). Effect of Soil Microorganisms on Plant Growth and Disease Incidence. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(2), 57-64.
- Aquilanti, L., Abdel-Fattah, Y. R., & Abdo, H. E. (2004). *Azotobacter vinelandii*: A Potential Biofertilizer for Corn. *Journal of Plant Nutrition*, 27(13), 2313-2323.
- Babalola, O. O. (2010). Beneficial Bacteria of Agricultural Importance. *Biotechnology Letters*, 32(11), 1559-1570.
- Bhattacharjee, R. B., Singh, A., & Mukhopadhyay, S. N. (2008). Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertiliser for non-legumes: prospects and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80(2), 199-209.
- De La Cruz, R. E. (1988). Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae in Reforestation of Mined-Out Areas. *Philippine Journal of Crop Science*, 13(3), 157-164.
- Giller, K. E. (2001). Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. CAB International.
- Gracia, R. (1886). The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Growth of Three Philippine Rattan Species. *Mycorrhiza*, 56(2), 153-158.
- Harni, R., Yuliani, S., & Chumaidiyah, E. (2006). Potensi Mikroba Endofit sebagai Agen Biokontrol Tanaman. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 12(2), 90-96.
- Hudoyo, A. (2020). Evaluasi Lahan Kritis dan Upaya Rehabilitasinya di Indonesia. *Jurnal Bumi Indonesia*, 9(1), 49-57.
- I Ketut Widnyana. (No Year). Kondisi Lahan – Lahan Kritis di Indonesia.
- Karti, P. D. M. H., Santoso, E., & Herawati, H. (2009). Optimalisasi Pupuk Hayati berbasis CMA dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. *Jurnal Hortikultura*, 19(3), 256-265.
- Kumala, M. (2009). Antimicrobial and Antioxidant Activities of Endophytic Fungi Isolated from Soursop (*Annona muricata* Linn.) Leaves. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 1(1), 36-42.
- Mahmoud, Y. A., Khodair, T. A., & Bayoumi, Y. M. (2004). Antagonistic Action of Some Fungal and Bacterial Bioagents on Root Rot Fungi and Their Antimicrobial Activity. *Mycobiology*, 32(4), 207-214.
- Mardewi, R., Yuliar, S., & Suryadi, Y. (2020). Potensi Bakteri dalam Memperbaiki Kualitas Tanah pada Lahan Bekas Pertambangan Emas di Lebong, Bengkulu. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 44(1), 33-41.
- Margareththa, P. A., Susiarti, S., & Lisnawita. (2017). Efektivitas Pupuk Hayati CMA *Glomus* sp. untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Padi di Lahan Marginal. *Agrologia*, 6(2), 78-88.
- Mulyo, J. H. (2020). Tantangan Ketahanan Pangan Nasional di Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 6(2), 102-106.
- Nurmas, I. A. S., Widowati, L. R., & Mawarni, L. (2014). Uji Potensi *Pseudomonas* sp. yang diisolasi dari Rhizosfer Tanaman Padi Gogo (*Oriza sativa* L.) Asal Lae Butar, Sulawesi Tenggara Sebagai Pupuk Hayati. *Jurnal Agroindustri*, 4(2), 28-36.
- Prayogo, C., Hariyanto, B., & Pujiasmanto, B. (2019). Identifikasi Jenis-Jenis Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Lahan Bekas Tambang Batu Bara PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. *Tanah dan Agroklimatologi*, 3(1), 19-26.
- Prematuri, R. (2020). Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Batubara. In *Seminar Nasional Hutan dan Lingkungan III* (pp. 265-272).

- Radji, M. (2005). Bacterial Endophytes in Piper betle Linn.: Indigenous and Inhibitory Activity. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(2), 328-331.
- Rahmawati, F. (2009). Pengaruh Inokulasi Mikroba Endofit pada Kadar Malondialdehid, Tumor Nekrosis Factor- α dan Ekspresi Gen Bax, Bcl-2 pada Sel Tumor MCF-7. *Journal of the Indonesian Medical Association*, 59(11), 566-573.
- Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M., & Prigent-Combaret, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*, 321(1-2), 305-339.
- Riyanto, A. (2015). Potensi Mikroba Tanah Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 62-73.
- Sari, T. L., Efri, M., & Harlia, E. (2018). Potensi Bakteri Pelarut Fosfat pada Lahan Gambut Terdegradasi akibat Kebakaran. *Jurnal Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 5(2), 64-69.
- Setiadi, Y. (2002). The Role of Arbuscular Mycorrhiza on Revegetation and Rehabilitation of Disturbed Land. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 3(3), 82-91.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press.
- Strobel, G. A., & Daisy, B. H. (2003). Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 491-502.
- Sudiana, I. M., Susila, A. D. P., & Utami, S. R. (2010). Mikroorganisme Lokal: Potensi dan Aplikasinya dalam Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(3), 94-103.
- Sumarsih, S. (2003). *Mikroba Tanah Penghasil Pupuk Hayati*. Yogyakarta: Kanisius.
- Supramana, S. (2007). Peran Bakteri Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 7(1), 13-22.
- Susilawati, E., Indrayati, & Trisnawati, A. (2022). Efektivitas Pupuk Organik dan Mikroba Lokal dalam Memperbaiki Kualitas Tanah di Lahan Bekas Pertambangan. *Jurnal Reklamasi Lahan*, 7(1), 25-34.
- Syarmalina, D., & Hanafi, M. M. (2006). Bacterial Endophytes from Piper crocatum Ruiz & Pav. *International Journal of Botany*, 2(3), 327-330.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586.
- Yingwhu shi, Radji, M., & Syarmalina. (2009). Bacterial Endophytes from Piper crocatum Ruiz & Pav. *International Journal of Botany*, 5(2), 185-191.