

Pertumbuhan dan Produksi Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) Bermikoriza yang Diberi Mikroorganisme Lokal Pada Tanah Topsoil dan Tanah Overburden

**Muhammad Rizki Fadillah¹, Taufan Purwokusumaning Daru², Hamdi Mayulu³,
Apdila Safitri⁴, Ardiansyah⁵**

^{1 2 3 4 5} Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

¹Email: muhammadfadillah@faperta.unmul.ac.id

Submit : 21-10-2025

Revisi : 14-12-2025

Diterima : 21-12-2025

ABSTRACT

Efforts to develop livestock in East Kalimantan can be carried out by utilizing post-coal mining land. However, the low level of soil fertility and the limited availability of topsoil as a cover soil on post-mining land are constraints that must be considered. Efforts that can be made include planting mycorrhizal cover crops and applying local microorganism-based organic fertilizers (MOL). The experiment was conducted by planting mycorrhizal legume seeds (Siratro) on topsoil and overburden soil placed in 10 kg polybags. Each type of soil was supplemented with local microorganisms (MOL) at concentrations of 0 mL, 10 mL, 20 mL, and 30 mL per litre of water. The experimental results showed that soil type influenced plant height, but both soil type and MOL concentration influenced the fresh weight and dry weight of Siratro plant crowns, as well as VAM root colonization, where higher MOL concentrations reduced Siratro crown production. Root colonization by VAM with increasing MOL concentration in topsoil showed a negative effect, where higher MOL concentrations resulted in lower VAM colonization on plant roots. Conversely, in overburden soil, increasing MOL concentration could increase VAM colonization.

Keywords: Local Microorganism, Mycorrhiza, Overburden, Siratro, Topsoil.

ABSTRAK

Upaya pengembangan peternakan di Kalimantan Timur dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan pasca tambang batu bara. Akan tetapi rendahnya Tingkat kesuburan tanah serta terbatasnya ketersediaan tanah topsoil sebagai tanah penutup pada lahan pasca tambang menjadi kendala yang harus diperhatikan. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan penanaman tanaman penutup tanah bermikoriza dan pemberian pupuk hayati mikroorganisme lokal (MOL). Percobaan dilakukan dengan menanam benih leguminosa siratro bermikoriza yang ditanam di atas tanah topsoil dan tanah overburden yang ditempatkan pada polybag ukuran 10 kg. setiap jenis tanah tersebut ditambahkan dengan MOL dengan konsentrasi 0 mL, 10 mL, 20 mL, dan 30 mL per liter air. Hasil percobaan menunjukkan bahwa faktor jenis tanah berpengaruh terhadap tinggi tanaman, namun faktor jenis tanah maupun faktor konsentrasi MOL berpengaruh terhadap berat segar tajuk dan berat kering tajuk tanaman, dan kolonisasi FMA pada akar tanaman, yang semakin tinggi konsentrasi MOL dapat menurunkan produksi tajuk tanaman. Kolonisasi akar tanaman oleh FMA dengan peningkatan konsentrasi MOL pada tanah topsoil menunjukkan pengaruh negatif, yang semakin tinggi konsentrasi MOL maka kolonisasi FMA pada akar tanaman semakin rendah. Sebaliknya, pada tanah overburden peningkatan konsentrasi MOL dapat meningkatkan kolonisasi FMA.

Kata kunci: Mikoriza, Mikroorganisme lokal, Overburden, Siratro, Topsoil.

1 Pendahuluan

Peningkatan populasi penduduk di Kalimantan Timur dalam 5 tahun terakhir terus terjadi peningkatan, meskipun hal tersebut tidak berimbang pada peningkatan yang cukup signifikan dari populasi ternak khususnya sapi potong. Adanya peningkatan populasi

tersebut diyakini akan berdampak pada kurangnya kebutuhan protein hewani serta pula berakibat pada padatnya luas wilayah pemukiman di wilayah Kalimantan Timur. Diketahui pula bahwa wilayah Kalimantan Timur banyak didominasi oleh sektor-sektor industri seperti sektor pertambangan batu bara, minyak dan gas serta sektor perkebunan kelapa sawit, sehingga dari permasalahan tersebut pemerintah daerah Kalimantan Timur merancang pengembangan peternakan berbasis integrasi pada wilayah-wilayah industri yakni salah satunya dengan integrasi peternakan pada pertambangan batu bara dengan pemanfaatan lahan pasca tambang sebagai area pengembangan peternakan. Fadillah et al. (2018), menyebutkan bahwa sistem integrasi ternak yang terdapat pada lahan pasca tambang batu bara mampu memberikan simbiosis mutualisme dikarenakan adanya ternak pada lahan pasca tambang batu bara memberikan keuntungan sebagai penyumbang pupuk organik yang dihasilkan dari kotoran ternak yang nantinya berdampak pada kesuburan tanah serta pula ternak dapat memanfaatkan hijauan yang sebagai makanannya.

Umumnya pertambangan batu bara di wilayah Kalimantan Timur dilakukan dengan proses penambangan terbuka (*open pit mining*). Proses penambangan terbuka dapat mengakibatkan hilangnya degradasi lahan yang disebabkan hilangnya lapisan tanah topsoil, pemadatan tanah yang mengakibatkan terjadinya kerusakan struktur, dan tercemarnya areal lahan pasca tambang (tanah dan air) yang diakibatkan air asam tambang yang bersifat toksik (Suwardi et al., 2025). Lapisan tanah atas (topsoil) umumnya memiliki kesuburan fisik, kimia dan biologi yang cukup baik bagi kebutuhan tanaman dibandingkan pada lapisan tanah bawah (*overburden*) yang apabila hilangnya lapisan tanah atas tersebut akan berdampak pada kehidupan tanaman yang tumbuh di permukaan. Kenyataannya, dalam program reklamasi lahan pasca tambang khususnya pertambangan batu bara seringkali dihadapkan pada terbatasnya tanah topsoil sehingga di beberapa area seringkali hanya ditutupi oleh tanah *overburden* saja.

Berdasarkan latar belakang tersebut, kerusakan lahan pasca tambang batu bara dapat diatasi dengan upaya perbaikan kesuburan tanah melalui penanaman hijauan jenis legume, pengayaan hara dengan cara pemberian pupuk hayati seperti larutan mikroorganisme lokal (MOL) dan inokulasi mikoriza. Tanaman legume memiliki keunggulan dalam meningkatkan kesuburan tanah dengan salah satu jenis legume yaitu siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Sajimin et al. (2010) menyebutkan bahwa siratro adalah leguminose yang berperan sebagai sumber protein dan mineral penting untuk ternak ruminansia, dan mampu tumbuh dengan baik pada daerah basah maupun kering, serta merupakan salah satu tanaman yang disukai ternak. Diketahui pula bahwa larutan MOL mengandung beberapa unsur hara yang mencakup unsur hara makro dan mikro, memiliki zat pengatur tumbuh (ZPT), serta mikroba yang dapat bermanfaat dalam kesuburan tanah (Rahyuni et al., 2023). Sedangkan, mikoriza merupakan jamur yang bersimbiosis pada

tanaman dalam sistem perakaran dengan mekanisme simbiosis dalam akar melalui kolonisasi hifa yang memberikan manfaat bagi tanaman berupa peningkatan ketahanan tanaman pada tanah marginal, patogen, cekaman kekeringan dan cekaman salinitas, serta peningkatan terhadap serapan hara (Prihantoro et al., 2023). penelitian ini bertujuan untuk melihat hasil produksi tanaman siratro yang telah diinokulasikan mikoriza dengan pemberian larutan MOL pada konsentrasi berbeda yang ditanam pada tanah topsoil dan tanah overburden.

2 Metode Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Nutrisi Ternak dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman selama 6 (enam) bulan.

Prosedur Penelitian

Bahan tanaman yang digunakan meliputi benih siratro bermikoriza yang telah dilapisi oleh *prepare* akar *Sorghum* sp. bermikoriza (Daru, 2009; Daru & Yusuf, 2015). Media tanam tanah berasal dari lahan pasca tambang batu bara PT Mahakam Sumber Jaya (MSJ), Separi, Kabupaten Kutai Kartanegara yakni meliputi tanah topsoil dan tanah overburden. Larutan MOL terbuat dari buah pepaya yang dihaluskan dan dicampur dengan air cucian beras sebanyak 2,5 L, air kelapa 1 L, gula pasir 150 g dan ditambahkan air hingga volume keseluruhan bahan menjadi 15 L yang ditempatkan dalam wadah stoples plastik. Seluruh bahan penyusun MOL difermentasi selama 15 hari. Untuk mengetahui persentase kolonisasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) oleh propagul (hifa, vesikel, arbuskula, atau spora) yang terdapat dalam jaringan akar tanaman menggunakan metode pewarnaan yang dikembangkan oleh Philips dan Hayman (1970) dan telah dimodifikasi oleh Setiadi et al. (1992). Bahan kimia yang digunakan dalam pewarnaan meliputi KOH 10%, HCl 2%, gliserin, asam laktat dan *Trpan blue* 0,05% sebagai bahan pewarna akar tanaman. Untuk mengetahui keberadaan adanya kolonisasi digunakan mikroskop cahaya binokuler. Perhitungan persentase kolonisasi FMA pada akar digunakan persamaan:

$$\% \text{ Kolonisasi} = \frac{\text{Jumlah bidang pandang akar bermikoriza}}{\text{Jumlah bidang pandang akar yang diamati}} \times 100\%$$

Percobaan dilakukan dengan menggunakan polybag ukuran 10 kg, yang setiap tanah percobaan diisi ke dalam polybag. Setiap polybag ditanam sebanyak empat benih siratro bermikoriza. Polybag disusun dari arah utara ke selatan dengan jarak antar polybag 1 m. Penyiraman dengan air dilakukan setiap hari. Pemberian perlakuan MOL dilakukan setelah benih berumur 10 hari. Pengamatan tanaman siratro bermikoriza meliputi : (1) Pertumbuhan tanaman siratro bermikoriza selama masa tanam dengan mengukur tinggi

tanaman dari batang hingga sulur tanaman; (2) Berat segar tajuk tanaman siratro bermikoriza berumur 60 hari yang ditimbang langsung setelah proses panen; (3) Berat kering tajuk tanaman siratro bermikoriza berumur 60 hari setelah dikeringkan pada oven dengan suhu 65oC selama 48 jam; dan (4) Kolonisasi FMA pada akar tanaman siratro bermikoriza dengan melihat persentase propagul (hifa, vesikel, arbuskula, atau spora) dalam jaringan akar tanaman siratro bermikoriza setelah berumur 60 hari.

Rancangan Percobaan

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial yang terdiri atas perlakuan faktor tanah (T) yaitu: T1: tanah topsoil; dan T2: tanah overburden. Faktor MOL (M) yaitu M0: tanpa pemberian MOL (kontrol); M1: konsentrasi 10 mL L⁻¹ air; M2: konsentrasi 20 mL L⁻¹ air; M3: konsentrasi 30 mL L⁻¹ air. Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan sidik ragam dan untuk menjelaskan perbedaan yang terjadi antar perlakuan digunakan uji BNT pada taraf 5%.

3 Hasil dan Pembahasan

Media Tanam

Fungsi tanah yakni sebagai media tumbuh bagi tanaman memiliki keragaman kualitas yang sangat besar di antara lapisan-lapisan tanah, hingga memberikan pengaruh yang penting dalam pertumbuhan dan produksi hijauan pakan. Topsoil atau lapisan tanah atas dicirikan oleh tingginya kandungan bahan organik, struktur yang cenderung gembur serta populasi mikroorganisme yang lebih beragam dibandingkan dengan lapisan tanah di bawahnya (Zulkarnain et al., 2017). Sehingga dapat disimpulkan kondisi tersebut dapat menciptakan lingkungan yang ideal untuk perkecambahan benih, pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi bagi tanaman. Sebaliknya tanah overburden yang merupakan lapisan tanah yang berada di bawah, seringkali memiliki kandungan bahan organik yang lebih rendah, tekstur yang lebih padat dan tingkat kesuburan yang lebih rendah, sehingga kurang mendukung pertumbuhan tanaman. Kesuburan tanah yang mencakup komposisi mineral alami dan ketersediaan nutrisi esensial memainkan peran krusial dalam menentukan produksi dan kualitas nutrisi tanaman pakan (Daru et al., 2023). Tanah overburden adalah tanah yang diperoleh dari aktivitas pertambangan yang dapat menyebabkan perubahan fisik, kimia dan biologi tanah. Proses penambangan dapat menghilangkan tanah topsoil yang lebih subur, memadatkan tanah, dan mengubah drainase sehingga menjadi tidak subur, kurang mampu menahan air dan tidak mendukung pertumbuhan tanaman. Hasil analisis kimia tanah terhadap tanah overburden dan tanah topsoil (Tabel 1) menunjukkan bahwa tanah overburden memiliki status kesuburan tanah yang rendah bila dibandingkan tanah topsoil. Rendahnya status kesuburan tanah overburden disebabkan oleh rendahnya kapasitas tukar kation (KTK), ketersediaan fosfat, dan kandungan C organik tanah.

Tabel 1. Sifat kimia tanah topsoil dan tanah overburden beserta status kesuburannya di lahan pasca tambang batu bara PT. Mahakam Sumber Jaya.

Sifat Kimia	Tanah topsoil		Tanah overburden	
	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
KTk (me/100g)	23,3	Sedang	16,9	Rendah
Kej. Basa (%)	87,0	Sangat Tinggi	87,8	Sangat Tinggi
K ⁺ (me/100g)	0,49	Sedang	0,54	Sedang
P tersedia (ppm)	73,26	Sangat Tinggi	3,70	Sangat Rendah
C Organik (%)	3,25	Tinggi	1,77	Rendah
Status Kesuburan		Sedang		Rendah

Kesuburan tanah merupakan faktor penting terhadap peningkatan produktivitas tanaman. Kesuburan tanah memiliki kriteria baik yang umumnya memiliki ketersediaan unsur hara, bahan organik, dan mampu mengikat air dalam tanah. Kondisi tanah topsoil diketahui memiliki unsur hara dan bahan organik yang tercukupi serta kondisi tekstur tanah yang cenderung mampu mengikat air, sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan cukup baik bagi tanaman karena adanya air yang terserap pada akar tanaman dari tanah dapat mengangkut unsur hara yang dibutuhkan. Sedangkan kondisi tanah overburden memiliki tekstur tanah padat serta kurangnya unsur hara dan bahan organik tanah yang berdampak pada kurangnya kemampuan mengikat air dalam tanah serta kurangnya unsur hara yang diangkut dan diperlukan bagi tanaman. Suhartono et al. (2008) menyebutkan bahwa baiknya kemampuan mengikat air dalam tanah akan berdampak terhadap pembelahan sel-sel tanaman dan transportasi hara dari tanah bagi tanaman yang apabila semakin baik transportasi hara pada suatu tanah, maka kebutuhan hara pada tanaman dapat tercukupi hingga berdampak pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik.

Tinggi Tanaman

Hasil percobaan pengukuran tinggi tanaman siratro bermikoriza menunjukkan adanya perbedaan sangat nyata pada faktor perlakuan tanah, akan tetapi tidak berbeda secara nyata pada faktor perlakuan MOL serta interaksi antara kedua faktor perlakuan. Rata-rata hasil tinggi tanaman siratro bermikoriza berdasarkan masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata pertumbuhan dan produksi tanaman siratro bermikoriza berdasarkan perlakuan tanah dan MOL yang berbeda.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Berat Segar (g/polybag)	Berat kering (g/polybag)
Faktor Tanah			
T ₁	106,94 ^a	54,05 ^a	11,52 ^a
T ₂	53,35 ^b	5,07 ^b	1,28 ^b
Faktor MOL			
M ₀	81,90	38,67 ^a	8,20 ^a
M ₁	85,13	28,63 ^b	6,58 ^{ab}
M ₂	73,57	28,57 ^b	5,95 ^{ab}
M ₃	79,98	22,37 ^b	4,85 ^b
Interaksi Tanah x MOL			
T ₁ M ₀	114,37	70,27	14,73
T ₁ M ₁	116,07	51,17	11,63
T ₁ M ₂	101,83	52,97	10,90
T ₁ M ₃	95,50	41,80	8,80
T ₂ M ₀	49,43	7,07	1,67

T ₂ M ₁	54,20	6,10	1,53
T ₂ M ₂	45,30	4,17	1,00
T ₂ M ₃	64,47	2,93	0,90

Keterangan: T₁: tanah topsoil; T₂: tanah overburden; M₀: tanpa konsentrasi MOL; M₁: konsentrasi MOL 10 mL; M₂: konsentrasi MOL 20 mL; M₃: konsentrasi MOL 30 mL. Angka rata-rata yang diikuti superskrip yang sama pada baris atau kolom yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 2 tersebut, nampak tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh jenis tanah dibandingkan dengan perlakuan MOL. Respons tinggi tanaman terhadap aplikasi MOL dengan konsentrasi berbeda tidak selalu linier atau positif. Beberapa faktor dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi MOL tidak selalu meningkatkan hasil pertumbuhan tanaman pakan ternak yang signifikan. Salah satu faktor utama adalah ketersediaan suatu nutrisi esensial dalam tanah (Saptorini et al., 2021; Tafsir et al., 2019). Dosis MOL yang tidak tepat (terlalu rendah maupun terlalu tinggi) dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Panjaitan et al., 2020). Konsentrasi MOL yang terlalu rendah dapat mengakibatkan inokulasi mikroba yang tidak mencukupi untuk menginisiasikan proses dekomposisi bahan organik dan fiksasi nitrogen, sehingga suplai nutrisi ke tanaman menjadi terbatas. Sebaliknya, konsentrasi MOL yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan persaingan nutrisi yang intensif di antara populasi mikroba itu sendiri, menghambat penyerapan hara oleh akar tanaman dan bahkan dapat menciptakan kondisi anaerobik yang merugikan di dalam tanah (Zulkarnain et al., 2017). Kondisi ini tidak hanya mengurangi efisiensi penyerapan nutrisi tetapi juga dapat memicu akumulasi metabolit toksik yang mengganggu fungsi fisiologis tanaman pakan secara keseluruhan (Nunay et al., 2016). Oleh karena itu, penentuan konsentrasi MOL yang tepat merupakan faktor krusial dalam upaya optimalisasi pertumbuhan dan produktivitas tanaman pakan, mengingat peran vital mikroorganisme dalam memfasilitasi siklus nutrisi dan meningkatkan kesehatan tanah (Eka et al., 2017; Kasmawan et al., 2018).



(A)

(B)

Gambar 1. Keragaan tanaman siratro bermikoriza yang tumbuhkan di tanah top soil (A) dan tanah overburden (B)

Berat segar dan Berat Kering Tajuk

Berat segar dan berat kering tajuk siratro bermikoriza sangat dipengaruhi oleh media tanam yang berbeda maupun peningkatan konsentrasi MOL (Tabel 2). Tanaman yang tumbuh pada media tanam tanah topsoil memiliki produksi berat segar serta berat kering yang lebih tinggi dibandingkan hasil produksi yang tumbuh di media tanam tanah overburden. Berdasarkan hasil analisis kimia tanah (Tabel 1) menggambarkan bahwa tanah overburden memiliki nilai yang rendah hingga sangat rendah pada kapasitas tukar kation (KTK) dan kandungan C organik serta kandungan P. Kandungan C organik di dalam tanah memiliki peranan penting dalam menentukan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman, khususnya tanaman pakan. Kandungan bahan organik yang tinggi dapat meningkatkan KTK tanah dan mampu memperbaiki struktur dalam tanah (Lisanty et al., 2021). KTK tanah memiliki peran krusial dalam produksi hijauan pakan karena berpengaruh langsung terhadap kesuburan tanah, yaitu dalam kemampuan tanah menyimpan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman. Biasanya KTK digunakan sebagai indikator dalam menilai kesuburan tanah, yang secara langsung mempengaruhi ketersediaan nutrisi esensial bagi pertumbuhan tanaman pakan. Kemampuan tanah dalam menahan dan melepaskan kation-kation bermuatan positif seperti kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) sangat menentukan efisiensi penyerapan hara oleh akar tanaman (Jailani et al., 2019). Tanah dengan KTK tinggi mampu meminimalkan pencucian hara, sehingga nutrisi lebih banyak tersedia di zona perakaran dan mendukung produktivitas biomassa yang optimal (Sinaga et al., 2024). Sebaliknya, tanah dengan KTK rendah cenderung mengalami kehilangan nutrisi melalui pencucian (Nunyai et al., 2016). Oleh karena itu, status kesuburan tanah sebagai media tanam perlu menjadi perhatian dalam produksi tanaman pakan.

Produksi hijauan pakan baik berupa berat segar maupun berat kering tajuk merupakan hasil pertumbuhan yang dihasilkan dari pengubahan suatu energi matahari menjadi energi kimia hingga berkaitan pula pada ketersediaan hara dan air dalam suatu tanah. Hasil berat segar tajuk tanaman siratro bermikoriza pada tanah topsoil lebih baik dibandingkan tanaman siratro bermikoriza pada tanah overburden. Hal tersebut disebabkan terpenuhinya unsur hara yang diperlukan oleh tanaman pada tanah topsoil dibandingkan pada tanah overburden sehingga berpengaruh terhadap hasil berat segar maupun berat kering tajuk. Apabila cukup tersedia dan berimbang unsur hara di dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman, maka tanaman tersebut dapat mencapai tingkat pertumbuhannya (Tambunan, 2018). Diketahui pula bahwa berat segar tajuk erat kaitannya dengan massa kandungan air pada tanaman. Kondisi tekstur tanah yang padat pada tanah overburden dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman sehingga berakibat kurangnya penyerapan air oleh akar tanaman. Sistem perakaran tanaman akan lebih luas untuk

berkembang ketika media tanam yang digunakan memiliki struktur tanah yang baik. Ketika lebih luasnya perakaran tanaman, maka penyerapan unsur hara juga akan terserap lebih banyak (Amir et al., 2021).

Pemberian MOL dengan konsentrasi yang semakin tinggi, yaitu mulai konsentrasi 0 mL per L air sampai 30 mL per L air pada media tanam tanah topsoil maupun tanah overburden memberikan pengaruh negatif terhadap produksi berat segar maupun berat kering tanaman siratro bermikoriza. Semakin tingginya konsentrasi MOL maka produksi berat segar maupun berat kering tajuk justru semakin menurun secara nyata.

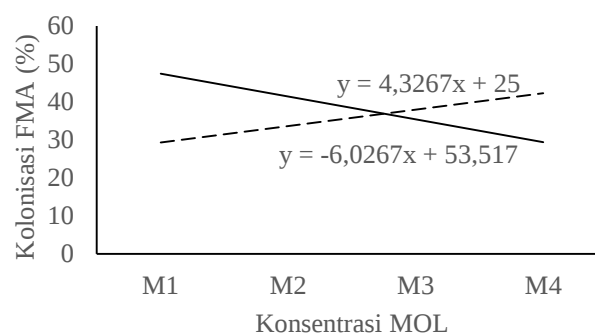
MOL adalah suatu media cair yang berasal dari hasil fermentasi bahan-bahan alami yang diperlukan sebagai media tumbuh mikroorganisme. MOL memiliki peran dalam merombak bahan organik sehingga menjadi dekomposer atau bioaktivator dari berbagai jenis mikroorganisme lokal yang berasal berbagai sumber daya yang ada secara lokal (Firmansyah et al., 2017). Keberhasilan pemberian MOL terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sangat bergantung pada sumber daya yang memadai. Apabila sumber daya yang tersedia melimpah untuk pertumbuhan MOL, maka akan memberikan hasil yang positif, sebaliknya apabila terbatasnya ketersediaan sumber daya, maka akan terjadi persaingan dengan mikroorganisme setempat, yang justru akan mengganggu pertumbuhan dan produksi tanaman (Durán et al., 2018; Kurkjian et al., 2021). Dalam percobaan ini, menurunnya produksi berat segar maupun berat kering tajuk tanaman dapat disebabkan oleh kompetisi antara mikroba maupun tanaman atas substrat karbon dan nutrisi, serta potensi hilangnya bahan kering melalui aktivitas mikroba yang menghasilkan metabolit volatil (gas atau panas) sehingga mengurangi biomassa efektif tanaman pakan (Li et al., 2024).

Kolonisasi FMA Pada Akar Siratro Bermikoriza

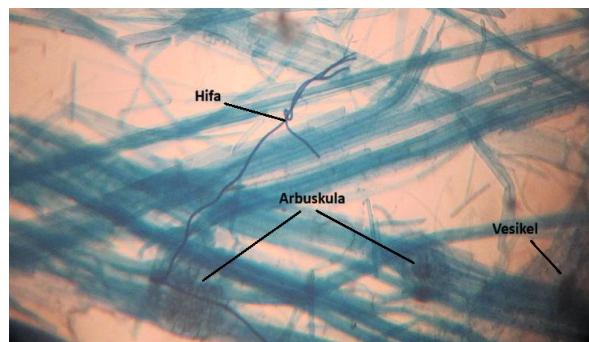
Kolonisasi FMA ialah penilaian terhadap persentase FMA yang menginfeksi akar tanaman. Ditandainya suatu kolonisasi dengan melihat keberadaan hifa, vesikula, arbuskula serta spora yang terdapat dalam jaringan akar tanaman (Prihantoro et al., 2023). Persentase kolonisasi yang terbentuk menandakan tingkat kemampuan terjadinya simbiosis mutualisme antara FMA dengan tumbuhan inangnya. Hubungan simbiosis antara FMA dengan tanaman inangnya terbentuk dengan skema FMA yang memainkan perannya dalam menyalurkan zat-zat makanan yang diperlukan bagi tanaman, serta juga tanaman dengan secara aktif melakukan penyaluran asam-asam organik yang diperlukan FMA dengan melalui eksudat akarnya di dalam kondisi tanah yang mengandung bahan organik yang cukup (Daru & Yusuf, 2015). Efektivitas jamur mikoriza vesikular-arbuskular dalam membentuk hubungan simbiosis dengan tanaman inang sangat bergantung pada viabilitas dan daya infeksi propagulnya, yang meliputi spora, fragmen hifa, vesikel, dan arbuskula. Tahap awal infeksi akar sangat dipengaruhi oleh kepadatan dan kondisi fisiologis propagul

di rhizosper, yang secara langsung mempengaruhi keberhasilan kolonisasi sel korteks dan pembentukan arbuskula dan vesikel (Li et al., 2025). Laju dan tingkat kolonisasi akar juga dimodulasi oleh faktor intrinsik tanaman, seperti kerentanan inang dan komposisi eksudat akar, serta variabel lingkungan ekstrinsik, termasuk ketersediaan nutrisi tanah, pH, dan keberadaan zat penghambat (Hart et al., 2015). Selain itu, interaksi kompetitif antara propagul FMA dan mikroorganisme tanah lainnya, terutama patogen akar juga berpengaruh terhadap tingginya kolonisasi pada akar tanaman (Weng et al., 2022).

Hasil percobaan perlakuan pemberian MOL dengan konsentrasi yang berbeda pada tanah topsoil dan overburden, sebagaimana disajikan pada Gambar 2, menunjukkan bahwa persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman siratro bermikoriza di tanah topsoil semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi MOL. Sebaliknya kolonisasi FMA pada akar tanaman siratro bermikoriza di tanah overburden terjadi peningkatan dengan seiring bertambahnya konsentrasi MOL. Umumnya kandungan fosfor yang tinggi di dalam tanah dapat mengurangi ketergantungan tanaman pada FMA (Daru & Yusuf, 2015; Ziane et al., 2021; Wisnubroto et al., 2023). Kandungan fosfor pada tanah topsoil dalam percobaan ini sangat tinggi, sedangkan pada tanah overburden sangat rendah (Tabel 1), sehingga kolonisasi FMA lebih aktif pada tanah dengan kandungan fosfor rendah, terlebih dengan meningkatnya konsentrasi MOL. Diketahui MOL memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfor anorganik dan membantu dalam proses mineralisasi senyawa-senyawa fosfor organik, sehingga dapat meningkatkan kandungan nutrisi di dalam tanah untuk kepentingan asimilasi tanaman (Cabrera et al., 2024). FMA yang membentuk hubungan simbiosis dengan akar tanaman secara nyata dapat membantu meningkatkan penyerapan fosfor, bahkan dalam kondisi ketersediaan hara yang rendah (Ziane et al., 2021). Keragaan kolonisasi FMA pada akar tanaman siratro bermikoriza disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Kolonisasi FMA pada akar tanaman siratro bermikoriza yang tumbuh di tanah topsoil dan overburden dengan pemberian MOL dengan konsentrasi yang berbeda. Keterangan : tanah top soil (-); tanah overburden (-----); M₀: tanpa konsentrasi MOL; M₁: konsentrasi MOL 10 mL; M₂: konsentrasi MOL 20 mL; M₃: konsentrasi MOL 30 mL.



Gambar 3. Keragaan korteks akar tanaman siratro bermikoriza pada mikroskop cahaya pembesaran 100 kali.

4 Kesimpulan

Hasil yang lebih tinggi pada parameter tinggi tanaman, berat segar tajuk dan berat kering tajuk ditemukan pada tanaman siratro bermikoriza yang ditanam di tanah topsoil dibandingkan pada tanaman siratro bermikoriza yang ditanam di tanah overburden, sedangkan adanya peningkatan konsentrasi MOL dapat menurunkan produksi berat segar dan berat kering tajuk. Akar tanaman siratro bermikoriza yang ditanam pada tanah topsoil dapat menurunkan persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman dengan seiring meningkatnya konsentrasi MOL, namun akar tanaman siratro bermikoriza yang ditanam di tanah overburden justru meningkatkan persentase kolonisasi FMA akar tanaman.

Daftar Pustaka

- Amir, M., Mariana, A., Jamal, A., & Karim, H. A. (2021). Pemberian Mol Nasi Basi dengan Mol Limbah Buah Pepaya dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Terong (*Solanum Melogena L.*). *Agrovita: Jurnal Ilmu Pertanian*, 6 (2), 94-98. <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v6i2.2712>
- Cabrera, E. V. R., Espinosa, Z. Y. D., & Pino, A. F. S. (2024). Use of Phosphorus-Solubilizing Microorganism as a Biotechnological Alternative: A Review. *Microorganism*, 12 (8), 1591. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12081591>
- Daru, T. P. (2009). Teknik Pengembangan Tanaman Penutup Tanah Pada Lahan Reklamasi Tambang Batubara Sebagai Pastura. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Daru, T. P., & Yusuf, R. (2015). Produksi Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) Bermikoriza di Tanah Pasca Penambangan Batubara. *Ziraa'ah*, 40 (2), 99-107.
- Daru, T. P., Sunaryo, W., Pagoray, H., Suhardi, S., Mayulu, H., Ibrahim, I., Safitri, A. (2023). Diversity, Nutrient Contents and Production of Forage Plants in a Integrated Cattle Livestock-Oil Palm Plantation in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24 (4), 1980-1988. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240406>
- Durán, P., Thiergart, T., Garrido-Oter, R., Agler, M., Kemen, E., Schulze-Levert, P., & Hacquard, S. (2018). Microbial Interkingdom Interactions in Roots Promote *Arabidopsis* Survival. *Cell*, 175 (4), 973-983. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.10.020>

- Eka, M., Noli, Z. A., Periadnadi, P. (2017). Pemanfaatan Sampah Organik Kota Sebagai Bahan Dasar Pupuk Organik Cair (POC) untuk Pertumbuhan *Lactuca sativa* l var. Crispa dengan Sistem Vertikultur. *Metamorfosa Journal of Biological Sciences*, 4 (2), 152-158. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2017.v04.i02.p03>
- Fadillah, M. R., Susilawati, I., & Ayuningsih, B. (2018). Potential of Cover Crops as Forage in Post Coal Mining Land. *International Conference on Tropical Agrifood, Feed and Fuel (ICTAFF): Sustainability of Food, Feed, and Fuel Tropical Resources for Quality Future 2018*. 13-14 November 2018, Samarinda, Indonesia.
- Firmansyah, I., Abadi, A. L., & Aini, L. Q. (2017). Potensi Bakteri Antagonis dari Mikroorganisme Lokal (MOL) Bonggol Pisang Dalam Mengendalikan Penyakit Darah Pada Tanaman Pisang. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 5 (2), 67-73.
- Hart, M., Ehret, D. L., Krumbein, A., Leung, C., Murch, S. J., Turi, C. E., & Franken, P. (2015). Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improves the Nutritional Value of Tomatoes. *Mycorrhiza*, 25 (5), 359-376. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0617-0>
- Jailani, S., Ratnawaty, R., Nasruddin, N., Faisal, F., & Ismadi, I. (2019). Respon Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.) Pada Berbagai Media Tanaman dan Dosis Pupuk NPK. *Jurnal Agrium*, 16 (2), 151-159. <https://doi.org/10.29103/agrium.v16i2.5867>
- Kasmawan, I. G. A., Sutapa, G. N., Yuliara, I. M. (2018). Pembuatan Pupuk Organik Cair Menggunakan Teknologi Komposting Sederhana. *Buletin Udayana Mengabdi*, 17 (2), 67-72. <https://doi.org/10.24843/BUM.2018.v17.i01.p18>
- Kurkjian, J. M., Akbari, M. J., Momeni, B. (2021). The Impact of Interactions on Invasion and Colonization Resistance in Microbial Communities. *PLoS Computational Biology*, 17 (1), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008643>
- Li, C., Chen, X., Jia, Z., Zhai, L., Zhang, B., Grütters, U., Ma, S., Qian, J., Liu, X., Zhang, J., & Müller, C. (2024). Effects of Microbial Inoculants on The Biomass and Diversity of Soil Microbial Communities: A Meta-Analysis. *Research Square*, 1-34. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3181294/v1>
- Li, Y., Wei, Y., Shen, Y., Zheng, R., Wang, Y., Duan, T., & Nan, Z. (2025). Common Mycorrhizal Networks Enhance Defense Responses Against Pathogens in Neighboring Plants. *iMetaOmics*, 2 (1): e46. <https://doi.org/10.1002/imo2.46>
- Lisanty, N., Hadiyanti, N., Prayitno, R. A., & Huda, R. C. (2021). Pengelolaan Limbah Dapur Menjadi Pupuk Organik Cair (POC) untuk Aplikasi Pertanian Lahan Pekarangan di Kecamatan Pace dan Ngroggot Kabupaten Ngajuk. *Jatimas: Jurnal Pertanian dan Pengabdian Masyarakat*. 1 (2), 121-133. <https://doi.org/10.30737/jatimas.v1i2.2090>
- Nunyai, A. P., Zaman, S., & Yahya, S. (2016). Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit di Sungai Bahaur Estate, Kalimantan Tengah. *Buletin Agrohorti*, 4 (2), 165-172. <https://doi.org/10.29244/agrob.v4i2.15016>
- Panjaitan, F. J., Lele, O. K., Taopan, R. A., & Kurniawan, Y. (2020). Aplikasi Beberapa Jenis dan Dosis Mikroorganisme Lokal Limbah Tomat dan Sayuran Dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai (*Capsicum Annum* L.). *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 5 (1), 72-81. <https://doi.org/10.31289/agr.v5i1.4479>
- Prihantoro, I., Soewondo, P. D. M. H. K., Aditia, E. L., & Nisabillah, S. (2023). Kualitas Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) yang Diproduksi dengan Teknik Fortifikasi dan Fertigasi Berbeda Pada Pertumbuhan Indigofera zollingeriana. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 28 (3), 377-386. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.3.377>

- Rahyuni, D., Lusiana., Yuniarti, S., Zulkoni, A. (2023). Pengaruh Mikroorganisme Lokal (MOL) Terhadap Kualitas Kompos Daun Jati (*Tectona Grandis*) Kering. *Jurnal rekayasa Lingkungan*, 23 (1), 46-55. <https://doi.org/10.37412/jrl.v23i1.183>
- Sajimin, Fanindi, A., & Prawiradiputra, B. R. (2010). Produktivitas Benih dan Sumbangan Hara Tanah dari Leguminosa Herba Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) Pada Taraf Intesitas Cahaya yang Berbeda. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2010*.
- Saptorini, S., Junaidi, J., Lisanty, N., & Oktaviana, D. (2021). Peningkatan Pertumbuhan Bibit Kelor (*Moringa Oleifera* Lam.) dengan Kombinasi Media Tanam dan Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC). *Agritrop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 19 (2), 146-157. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v19i2.5977>
- Setiadi, Y., Mansur, I., Budi, S. W., & Ahmad. (1992). *Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan*. Bogor: PAU-Bioteknologi IPB.
- Sinaga, F., Sopandie, D., & Santosa, E. (2024). Pengelolaan Pemupukan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kebun Aek Nabara, Sumatera Utara. *Buletin Garohorti*, 12 (3), 366-374. <https://doi.org/10.29244/agrob.v12i3.51531>
- Suhartono., R. A. Sidqi, Z. Z. M., & Khoiruddin, A. (2008). Pengaruh Interval Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil tanaman Kedelai (*Glicine Max* (L) Merril) Pada Berbagai Jenis Tanah. *Embryo*, 5 (1), 98-112.
- Suwardi., Oktariani, P., Putri, A., & Situmorang, S. (2025). Teknologi Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara Tercemar Air Asam Tambang (AAT). *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Pertambangan*, 2 (1), 56-65. <https://doi.org/10.70191/jplp.v2i1.62331>
- Tafsin, M., Hanafi, N. D., Yunilas, Y., & Mulianda, R. (2019). Nutrient Quality of Oil Palm Frond Fermented by Local Microorganism (MOL) with Different Dosage and Incubation Time. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 260. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/260/1/012050>
- Tambunan, E. P. S. (2018). Pengaruh Konsentrasi Mikroorganisme Lokal dari Limbah Tomat dan Limbah Air Kelapa Terhadap Pertumbuhan tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Klorofil*, 1 (2), 504-5012. <https://doi.org/10.30821/kfl:jibt.v1i2.1597>
- Weng, W., Yan, J., Zhou, M., Yao, X., Gao., Ma, C., Cheng, J., & Ruan, J. (2022). Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as a Biocontrol Agent in the Control of Plant Diseases. *Microorganism*, 10 (7), 1266. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071266>
- Wisnubroto, M. P., Armansyah., Anwar, A., & Suhendra, D. (2023). Kolonisasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Rizosfer Beberapa Vegetasi di Lahan Pasca Tambang Batu Bara dengan Tingkat Kelerengan Berbeda. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 6 (3), 771-782. <https://doi.org/10.37637/ab.v6i3.1514>
- Ziane, H., Hamza, N., & Meddad-hamza, A. (2021). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Fertilization Rates Optimize Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Growth and Yield in a Mediterranean Agroecosystem. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20 (7), 454-458. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.009>
- Zulkarnain, E., Evizal, R., Lumbanraja, J., Rini, M. V., Satgada, C. P., Agustina, W., Amalia, H. R., Awang, T. R. (2017). Inorganic Fertilizer Application and Organonitrofos Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Dry Land Gedong Meneng. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17 (1), 77-84. <https://doi.org/10.25181/jppt.v17i1.43>