

REHABILITASI TANAH PASCA TAMBANG BATU BARA MENGGUNAKAN RUMPUT BEDE (*Brachiaria decumbens*) MELALUI PEMANFAATAN MIKORIZA DAN *Azospirillum*

Risa Rosita^{1*}, Deden Dewantara Eris², Sarah Asih Faulina³, Dewi Suryani¹

¹Environmental Technology Security Section, Science Innovation Technology Department, SEAMEO BIOTROP, Bogor 16134, Indonesia

²Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jl. Brigjen Katamso No. 51 Kampung Baru, Medan 20158, Indonesia

³Pusat Penelitian Mikrobiologi Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional Indonesia, Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46, Cibinong 16911, Indonesia

*Penulis korespondensi, e-mail: risa@biotrop.org

Abstrak

Rehabilitasi lahan pasca tambang batu bara dapat dilakukan dengan memadukan pembenahan lahan, pemilihan jenis tanaman yang tepat dengan kriteria cepat tumbuh dan tahan terpapar matahari, cepat terdekomposisi, serta memiliki sistem perakaran baik dan dapat bersimbiosis dengan mikroorganisme tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian FMA dan *Azospirillum* secara tunggal maupun gabungan dalam meningkatkan pertumbuhan rumput Bede (*Brachiaria decumbens*) pada tanah pasca tambang batu bara. Mikoriza dan *Azospirillum* yang digunakan diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan rumput Bede yang ditanam pada tanah revegetasi dan overburden pasca tambang batubara. Perlakuan T1P11 (gabungan NPK 50% + dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5ml) pada tanah revegetasi T1P11=10.23 g) dan *overburden* (T2P11=4.41 g) mampu menaikkan berat basah rumput dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya. Pada tanah revegetasi gabungan perlakuan tersebut (T1P11) menaikkan pH masam tanah dari 4.8 menjadi mendekati normal 5.5 serta menaikkan nilai KTK tanah dari 14 menjadi 19 dalam waktu 1 bulan setelah aplikasi. Sementara pada *overburden* (T2P11) pH masam tanah naik dari 4.3 menjadi 4.5 dan nilai KTK dari 12 menjadi 16 setelah 1 bulan aplikasi. Uji molekuler dari spora tunggal *Glomus etunicatum* membuktikan bahwa inokulum mikoriza yang digunakan dalam penelitian terjaga kemurniannya sedangkan *Azospirillum* yang digunakan diisolasi dari perakaran rumput Bede. Penggunaan mikoriza dan *Azospirillum* dapat mengurangi 50% penggunaan pupuk NPK dan dolomit dalam meningkatkan pertumbuhan rumput *B. decumbens*. Rehabilitasi lahan pasca tambang perlu dilakukan untuk memulihkan kembali lahan yang sudah terdegradasi.

Kata kunci: batu bara, NPK, pasca tambang, tanah overburden, tanah revegetasi

Abstract

Post-coal mining land rehabilitation can be done by combining land improvement, selecting the right type of plant with the criteria of fast growth and resistance to daylight, fast decomposition, having a good root system, and being able to form a symbiosis with certain microorganisms. This study aims to study the effect of giving AMF and *Azospirillum* singly or in combination in increasing the growth of Bede grass (*Brachiaria decumbens*) in post-coal mining soil. Mycorrhiza and *Azospirillum* are expected to increase the growth of Bede grass planted in revegetation and overburden soil after coal mining. Treatment T1P11 (combination of 50% NPK + 50% dolomite + 10 g Mycorrhiza + 5 ml *Azospirillum*) on revegetation soil T1P11 = 10.23 g) and overburden (T2P11 = 4.41 g) was able to increase the weight of wet grass compared to the control and other treatments. In the combined revegetation soil, the treatment (T1P11) increased the acidic soil pH from 4.8 to near normal 5.5 and increased the soil CEC value from 14 to 19 within 1 month after application. While in the overburden (T2P11) the acidic soil pH increased from 4.3 to 4.5 and the CEC value from 12 to 16 after 1 month of application. Molecular testing of single *Glomus etunicatum* spores proved that the mycorrhizal inoculum used in the study maintained its purity, while the *Azospirillum* used was isolated from the roots of Bede grass. The use of mycorrhiza and *Azospirillum* can reduce 50% of the use of NPK and dolomite fertilizers in increasing the growth of *B. decumbens* grass. Post-mining land rehabilitation needs to be carried out to restore degraded land.

Keywords: coal, NPK, post-mining, overburden soil, revegetation soil

PENDAHULUAN

Indonesia dikaruniai berbagai sumber daya alam seperti batu bara. Perolehan batu bara didapat melalui proses penambangan. Proses penambangan menghilangkan nutrisi makro dan mikro esensial yang terdapat pada *top soil* yang penting bagi pertumbuhan tanaman (Wulandari *et al.* 2022). Manalu *et al.* (2014) melaporkan bahwa tailing tambang batu bara diketahui mengandung logam berat dalam kadar yang mengkhawatirkan seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), seng (Zn) dan arsen (As). Untuk itu, dalam upaya mengembalikan kondisi lahan yang rusak akibat penambangan perlu dilakukan pengelolaan lahan pasca tambang. Salah satu alternatif pengelolaan sumber daya lahan pasca penambangan yang mempertimbangkan pentingnya pembenahan lahan, pemilihan jenis tanaman yang tepat dengan kriteria: cepat tumbuh dan tahan terpapar matahari, cepat terdekomposisi, memiliki sistem perakaran baik dan dapat bersimbiosis dengan mikroorganisme tertentu yaitu Sistem Silvopastura (SSP). SSP merupakan gabungan antara kegiatan kehutanan dan peternakan. Sistem ini dilakukan dengan menanam rumput atau jenis hijauan pakan ternak sebagai tanaman penutup tanah (TPT) tanpa merusak tegakan hutan.

Salah satu pakan hijau ternak unggulan yang berkualitas bagi ruminansia dan dapat menjadi alternatif TPT yaitu rumput Bede (*Brachiaria decumbens*) yang berasal dari Uganda, Afrika. Rumput ini berumur panjang, tumbuh dengan membentuk hamparan lebat dan penyebaran melalui stolon. Faria *et al.* (2018) menyatakan rumput Bede toleran terhadap lahan masam dan memiliki kemampuan adaptasi dan fitoremediasi yang tinggi (Fanindi 2016; Rosita *et al.* 2022; Behrooz *et al.* 2019). Pertumbuhan rumput Bede selain dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti unsur hara dan iklim, juga dipengaruhi oleh faktor biotik.

Mikroba rizosfer yang menguntungkan bagi tanaman diantaranya adalah Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan *Azospirillum*. Keduanya memiliki kemampuan mengkolonisasi perakaran tanaman, meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman dari cekaman logam berat maupun stress lingkungan. FMA dapat bersimbiosis dengan akar tanaman. Simbiosis FMA dan akar tanaman meningkatkan serapan nutrisi Fosfor (P) dan Nitrogen (N) tanaman inang (Liu *et al.* 2019) serta peningkatan serapan Kalium (K) pada akar *Lycium barbarum* (Zhang *et al.* 2017). Sementara itu, *Azospirillum* sp. merupakan bakteri gram negatif berbentuk spiral yang mampu memfiksasi N₂ dari atmosfer (Baliah *et al.* 2015). *Azospirillum* dapat mensintesis fitohormon IAA (Saharan & Nehra 2011), meningkatkan toleransi tanaman terhadap defisit air, peningkatan biomassa akar, dan peningkatan kepadatan rambut akar (Hungria *et al.* 2015).

Penentuan dosis aplikasi mikroba FMA pada tanaman memerlukan dasar pertimbangan yang baik. Nurhikmah (2018) menyatakan dosis terbaik aplikasi FMA pada tanah pasca tambang batu bara yakni sebesar 40 g dalam 2 kg media tanah pasca tambang batu bara dan aplikasi pupuk organik cair dosis terbaik sebesar 20 ml dalam 2 kg media tanah pasca tambang batu bara. Dalam penelitian ini perlakuan dosis pemberian FMA, *Azospirillum*, pupuk majemuk NPK serta dolomit digunakan untuk mengetahui dosis terbaik yang mendukung perkembangan rumput Bede.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat.

Penelitian dilaksanakan selama 9 bulan di laboratorium Biosistem Lanskap dan Manajemen, dan rumah kaca SEAMEO BIOTROP serta Laboratorium *Indonesian Tropical Forest Culture Collection*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Bogor.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaliper, pot, timbangan analitik, label, timbangan digital, gelas ukur, mikroskop stereo, mikroskop binokuler, tabung reaksi, sentrifus, pH meter, amplop, plastik, oven, autoklaf, bak kecambah, kain berwarna merah, spidol permanen, *tallysheet*, kalkulator (alat hitung), alat tulis, *camera*, saringan bertingkat (425 μ m, 212 μ m, 106 μ m, 63 μ m), dan *software SAS 9.1.3 portable*. Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah *Glomus etunicatum* koleksi laboratorium BLM SEAMEO BIOTROP Media tanam berupa tanah revegetasi dan *overburden* tambang batu bara. Benih rumput Bede Benih tanaman *Sorghum bicolor* Serangkaian bahan kimia yang digunakan untuk analisis tanah, FMA, bakteri, serta bahan-bahan yang digunakan untuk identifikasi mikroba secara molekuler.

Penyiapan Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

Glomus etunicatum diisolasi secara langsung menggunakan metode penyaringan (*wet sieving*) kemudian diperbanyak dalam kultur spora tunggal agar memperoleh kultur murni. Setiap 1 cawan kultur spora tunggal berisi 20 spora, diinkubasi selama 3 minggu. Inokulum spora tunggal diperbanyak menggunakan kultur *trapping*, dengan menginokulasikan inokulum spora tunggal pada tanaman inang rumput Bede dan *Sorghum bicolor* pada media zeolit steril lalu diinkubasi selama 3 bulan. Untuk melakukan identifikasi molekuler FMA dilakukan isolasi DNA yang dilanjutkan dengan PCR menggunakan primer LR1 (GCA TAT CAA TAA GCG GAG GA) dan FLR2 (GTC GTT TAA AGC CAT TAC GTC) (Manian *et al.* 2001).

Penyiapan Inokulum *Azospirillum*

Azospirillum diisolasi dari perakaran rumput Bede. Rumput dicabut dengan memasukan sendok tanah pada kedalaman 10 cm, akar dibersihkan dan dipindahkan ke dalam plastik dan disimpan dalam kotak es sebelum diisolasi. Isolasi *Azospirillum* dilakukan dengan mengambil 10 g akar yang telah disterilisasi permukaan dengan 70% alkohol selama 1 menit kemudian dibilas akuades steril. Sebanyak 10 g akar diekstrak hingga homogen kemudian ditransfer ke dalam 90 ml larutan fisiologis NaCl 0.85%. Hasil pengenceran dari 10^{-4} hingga 10^{-6} diambil dan kemudian diinokulasi sebanyak 1 ml ke dalam tabung yang berisi media Okon NFB (*Nitrogen Free Bromothymol*) semi-padat. Seluruh tabung diinkubasi pada 35°C selama 48 jam kemudian diamati pertumbuhan dan pembentukan pelikelnya. Pembentukan pelikel dianggap positif sebagai bukti tumbuhnya *Azospirillum*

Pengambilan Sampel Tanah Pasca Tambang Batu Bara

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari salah satu perusahaan batu bara di Indonesia terdiri dari tanah revegetasi dan *overburden*. Analisis tanah pra tanam meliputi penetapan pH, C-organik, ratio C/N, N total, Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan analisis tekstur tanah.

Aplikasi Pemupukan pada Tanah Pasca Tambang Batu Bara

Aplikasi FMA

Sebanyak 10 g inokulum FMA hasil kultur *trapping* diinokulasikan pada 500 g tanah pasca tambang, kemudian bibit ditanam pada tanah yang telah diinokulasi tersebut. Bibit yang tidak diinokulasi dipersiapkan sebagai kontrol. Masing-masing perlakuan mendapatkan 5 ulangan. Tanaman ditumbuhkan selama 3 bulan dalam rumah kaca.

Aplikasi Azospirillum

Azospirillum dengan konsentrasi 10^9 cfu/ml dipersiapkan. Sebanyak 5 ml inokulum *Azospirillum* diinokulasikan pada perakaran bibit umur 14 hari (dengan teknik pencelupan) kemudian ditanam pada 500 g tanah pasca tambang. Bibit yang tidak diinokulasi dipersiapkan sebagai kontrol. Masing-masing perlakuan mendapatkan 5 ulangan. Rumput Bede yang tidak diinokulasikan *Azospirillum* dianggap sebagai kontrol negatif

Aplikasi NPK

Pemberian pupuk NPK (16-16-16) dengan dosis 150 kg/ha diberikan dengan cara membuat lubang untuk pupuk sedalam ± 3 cm dari batang kemudian pupuk dimasukkan ke dalam lubang lalu ditutup dengan tanah. Pemberian dilakukan pada 15 hari setelah *transplanting*.

Aplikasi Kapur Dolomit

Pemberian dolomit dilakukan dua minggu sebelum *transplanting* rumput dengan penghalusan agregat tanah sehingga dolomit dan tanah tercampur merata pada media tanam. Dosis pemberian dolomit bergantung pada nilai pH tanah ketiga jenis tanah yang dijadikan media tanam.

Uji Efektivitas

Uji efektivitas dilakukan dengan mengukur parameter terkait respon pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Analisis terhadap tanah setelah panen meliputi pH, dan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Analisis jaringan tanaman dilakukan dengan menguji kandungan Bahan Kering (BK) dan kolonisasi FMA.

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor, yaitu jenis media tanam, dan formulasi pemupukan. Faktor pertama, jenis media tanam yang digunakan

terdiri dari dua taraf, yaitu: T1 = Tanah Revegetasi dan T2 = *Overburden*. Sementara itu, faktor kedua yaitu formulasi pemupukan yang digunakan terdiri dari dua belas taraf, yaitu: P0 = Kontrol, tanpa perlakuan; P1 = NPK 100%; P2 = Dolomit 100%; P3 = NPK 50% + dolomit 50%; P4 = Mikoriza 10 g; P5 = *Azospirillum* 5 ml; P6 = Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5 ml; P7 = NPK 50% + Mikoriza 10 g; P8 = NPK 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5 ml; P9 = Dolomit 50% + Mikoriza 10 g; P10 = Dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5 ml; P11 = NPK 50% + dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5 ml. Percobaan terdiri dari 24 unit percobaan masing-masing dengan 5 ulangan, sehingga total unit percobaan adalah 120 unit percobaan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam. Analisis data menggunakan program SAS. Model yang akan digunakan untuk analisis sidik ragam tersebut adalah one way anova menggunakan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi Materi Hayati (Mikoriza dan *Azospirillum*)

Berdasarkan hasil pengamatan secara mikroskopis, kolonisasi FMA pada perakaran rumput Bede, tingkat kolonisasi *G. etunicatum* lebih tinggi dibandingkan *G. fasciculatum*. Uji mikroskopis menunjukkan adanya interaksi positif antara inang rumput Bede dan *G. etunicatum* yang dibuktikan dengan terbentuknya vesikula sebanyak 49% dan arbuskula sebanyak 19%, sementara itu persentase pembentukan vesikula dan arbuskula hasil interaksi antara akar rumput dengan *G. fasciculatum* berbeda nyata dibandingkan *G. etunicatum*, hanya membentuk vesikula 15% dan arbuskula 1% meskipun persentase jumlah hifa eksternal dan internal kedua FMA tidak berbeda nyata. Dosis pemberian untuk masing-masing perlakuan sebanyak 40 spora dalam 500 g media zeolit mampu meningkatkan berat basah tunas dan akar rumput Bede. Kedua FMA memberikan pengaruh yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol. Pemberian *G. etunicatum* meningkatkan berat kering rumput lebih optimal dibandingkan perlakuan dengan pemberian *G. fasciculatum*, pemberian *G. fasciculatum* berbeda nyata dengan kontrol. Kemampuan *G. etunicatum* dalam meningkatkan berat kering tanaman serta kemampuan penyerapan hara sebelumnya telah dilaporkan oleh Rosita *et al.* (2020).

Sebelum diuji secara molekular masing-masing spora tunggal *G. etunicatum* dan *G. fasciculatum* diisolasi dengan menggunakan metode penyaringan basah untuk memperoleh DNA FMA. DNA mikoriza yang berhasil diisolasi selanjutnya diamplifikasi menggunakan PCR (*Polymerase Chain Reaction*). Primer yang digunakan ialah LR1 (GCA TAT CAA TAA GCG GAG GA) dan FLR2 (GTC GTT TAA AGC CAT TAC GTC) (Manian *et. al* 2001). Reaksi PCR (total volume 50 µl) menggunakan Kit *GoTag Green Master Mix* Promega (DNA *template* 5 µl, primer forward dan reverse masing-masing sebanyak 2 µl, Master Mix *GoTag Green* sebanyak 25 µl dan *nuclease free water* sebanyak 16 µl). Tabung-tabung sampel ditempatkan pada mesin PCR pada suhu 94°C selama 1 menit 45 detik untuk denaturasi awal. Amplifikasi dengan PCR dilakukan sebanyak 30 siklus dengan tahapan sebagai berikut: proses denaturasi pada suhu 94°C selama 15 detik, proses penempelan pada suhu 50°C selama 40 detik, dan proses pemanjangan pada suhu 72 °C selama 1 menit 20 detik kemudian dilanjutkan dengan final extention pada 72°C selama 10 menit. DNA mikoriza hasil amplifikasi dianalisis dengan elektroforesis menggunakan gel agarosa 1.5% yang mengandung GelRed. Untuk pengukuran DNA digunakan marker DNA ladder. Elektroforesis dilakukan pada tegangan 75 V DC selama 90 menit. Hasil elektroforesis kemudian dilihat dengan ultraviolet dan hasilnya difoto dengan kamera digital.

Berdasarkan hasil PCR, pita DNA *Glomus etunicatum* berhasil diamplifikasi, pita dapat DNA dapat dilihat dengan jelas meskipun ketebalannya berbeda. Berbeda dengan pita DNA *Glomus etunicatum*, pita DNA *Glomus fasciculatum* terlihat sangat tipis (Gambar 1). Target pita DNA berada pada ukuran yang sama yaitu 900 – 1000 bp, yang membedakan satu sama lain yaitu ketebalan dan kejelasan pita tersebut. Konsentrasi DNA yang terlalu tinggi kemungkinan masih mengandung kontaminan seperti fenol dan metabolit sekunder lainnya sehingga dapat mengganggu proses penempelan primer pada DNA dan proses amplifikasi selanjutnya. Hasil amplifikasi tersebut selanjutnya digunakan untuk sekuensing. Hanya DNA *Glomus etunicatum* yang berhasil disekuensing, sementara DNA *Glomus fasciculatum* tidak dapat disekuensing karena pita DNA sangat tipis. Setelah memperoleh hasil sekuensing dilakukan perapian sekuens selanjutnya sekuens hasil

perapian dijadikan acuan untuk mencari sekuens yang memiliki kemiripan dengan sekuens *Glomus etunicatum* di *gene bank* didasarkan pada nilai indikator keidentikan rentang 98-99%.



Gambar 1. Hasil visualisasi DNA *Glomus etunicatum* dan *Glomus fasciculatum*

Dalam perolehan *Azospirillum*, *Azospirillum* diisolasi dari perakaran rumput *Brachiaria decumbens* yang berlokasi di laboratorium lapang Agrostologi Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor (IPB). 1 gram perakaran rumput *Brachiaria decumbens* diekstrak hingga homogen lalu ditransfer pada 9 ml larutan fisiologis NaCl 0.85% sebagai larutan stock (pengenceran 10^{-1}), kemudian 0.1 ml dari larutan tersebut ditransfer pada 0.9 ml NaCl 0.85% hingga pengenceran 10^{-6} . Dari 15 isolat yang diperoleh, 9 isolat diduga merupakan bakteri *Azospirillum*. Isolat BD 02 merupakan isolat yang diduga *Azospirillum*, isolat tersebut menjadi isolat terpilih yang akan digunakan untuk aplikasi pada uji selanjutnya di rumah kaca. Karakterisasi bakteri yang diisolasi dari perakaran *B. decumbens* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 . Karakterisasi bakteri yang diisolasi dari perakaran *B. decumbens* secara morfologi

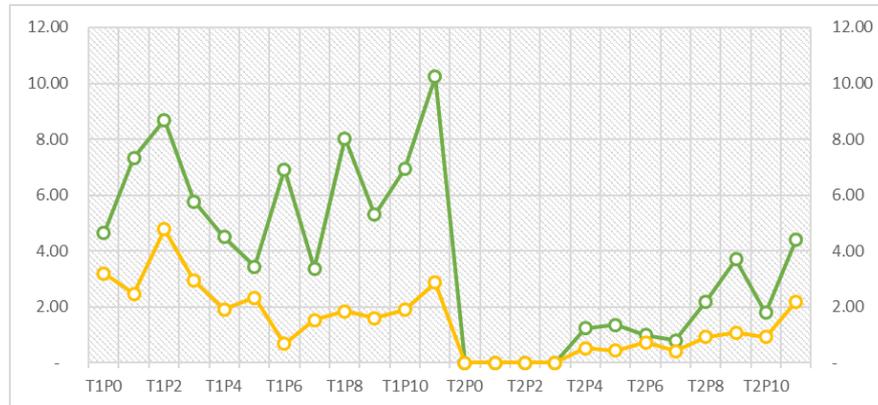
No.	Kode	Pelikel	Hypersensitivity Test	KOH 3%	Gram (+/-)	Motilitas	Catalase	Cell Form	TSIA			Citrate Test	IAA Production
									Glukosa	Sukrosa	Laktosa		
1	BD 01	+	-	-	+	-	+	Batang	+	-	-	+	+
2	BD 02	+	-	+	-	+	+	Bulat	+	-	-	+	+
3	BD 03	+	-	+	-	-	+	Batang	+	-	-	+	+
4	BD 04	+	-	+	-	-	+	Batang	+	-	-	+	+
5	BD 05	+	-	+	-	+	+	Bulat	+	-	-	+	+
6	BD 06	+	-	+	-	-	+	Bulat	+	-	-	+	+
7	BD 07	+	-	+	-	-	+	Batang	+	-	-	+	+
8	BD 08	+	-	+	-	-	+	Batang	+	-	-	+	+
9	BD 09	+	-	+	-	-	+	Batang	+	-	-	+	+
10	BD 10	+	-	+	-	+	+	Batang	+	-	-	+	+
11	BD 11	+	-	+	-	+	+	Bulat	+	-	-	+	+

Pengaruh Aplikasi Pemupukan Terhadap Parameter Pertumbuhan Rumput Bede dan Kesuburan Tanah Pasca Tambang Batu Bara (Revegetasi dan Overburden)

Sebelum rumput ditanam, analisis tanah pra tanam dilakukan. Kedua jenis tanah yang dijadikan media tanam memiliki pH masam, tekstur tanah liat, KTK rendah, Karbon organik rendah, dan N organik sangat rendah. Hasil analisis tanah pasca tanam menunjukkan bahwa kenaikan pH berbanding lurus kenaikan nilai KTK. Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menjerat dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Perlakuan gabungan NPK 50% + dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5ml dapat menaikkan pH masam tanah revegetasi tambang batu bara (4.8) menjadi mendekati normal (5.5).

Perlakuan tersebut juga mampu menaikkan nilai KTK tanah dari 14 menjadi 19 dalam waktu 1 bulan. Hal tersebut juga ditemukan pada tanah *overburden*. Perlakuan NPK 50% + dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5ml dapat menaikkan pH masam *overburden* tambang batu bara (4.3) naik menjadi 4.5 dan menaikkan nilai KTK dari 12 menjadi 16. Perubahan nilai pH dan KTK diduga karena adanya kerjasama yang baik antara mikroba, NPK dan dolomit. Selain mendapatkan N dari udara, NPK mensuplai hara N, P, dan K bagi media tanam. Hara yang didapat kemudian diserap oleh

perakaran dengan bantuan mikoriza dan *Azospirillum*. Mikoriza dan *Azospirillum* mengkolonisasi perakaran tanaman dan meningkatkan daya serap akar. Sementara itu, dolomit membantu dalam menaikkan pH. Adanya gabungan mikroba FMA dan *Azospirillum* menunjukkan simbiosis mutualisme bagi tanaman.



Gambar 2. Grafik perbandingan berat basah (hijau) dan berat kering *B. decumbens* setelah aplikasi selama 1 bulan pada tanah revegetasi (T1) dan *overburden* (T2)

Berdasarkan Gambar 2, dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya, perlakuan gabungan P11 (NPK 50% + dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5ml) pada tanah revegetasi menghasilkan berat basah tertinggi rumput *B. decumbens*. Penggunaan media tanam berupa tanah revegetasi yang diberi perlakuan P11 menghasilkan berat basah rumput (T1P11=10.23 g) dibandingkan kontrol dan media tanam berupa tanah *overburden* (T2P11=4.41 g). Hasil penelitian didukung oleh Rosita *et al.* (2023), rumput Bede yang diperkaya dengan *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. ditanam pada tanah kebun jati dan tanah pasca tambang (P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, dan P13) memiliki nilai serapan hara N, P, dan K yang lebih tinggi dibandingkan dengan rumput yang tidak diperkaya (P1, P2, P3) dan kontrol (P0). Penggunaan mikoriza dan *Azospirillum* dapat mengurangi 50% penggunaan pupuk NPK dan dolomit dalam meningkatkan pertumbuhan rumput *B. decumbens*. Rumput *B. decumbens* dapat menjadi alternatif inang bagi mikoriza. Djonova *et al.* (2016), menyatakan bahwa inokulasi gabungan FMA dengan *Azospirillum brasilense* 107 secara signifikan dapat meningkatkan berat kering tajuk rumput Timothy di Bulgaria dibandingkan rumput yang hanya diinokulasi mikoriza. Kavatagi (2014) melaporkan terjadi interaksi yang sinergi pada inokulasi campuran antara *Glomus fasciculatum* dan bakteri akar pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR). Pada rumput bede, inokulasi *C. etunicatum* meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, jumlah anakan, berat basah tajuk dan akar, dan berat kering tajuk ($p = 0,05$) (Rosita *et al.* 2020; Rosita 2021).

KESIMPULAN

Perlakuan T1P11 (gabungan NPK 50% + dolomit 50% + Mikoriza 10 g + *Azospirillum* 5ml) pada tanah revegetasi (T1P11=10.23 g) dan *overburden* (T2P11=4.41 g) mampu menaikkan berat basah rumput dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya. Pada tanah revegetasi gabungan perlakuan tersebut (T1P11) menaikkan pH masam tanah dari 4.8 menjadi mendekati normal 5.5 serta menaikkan nilai KTK tanah dari 14 menjadi 19 dalam waktu 1 bulan setelah aplikasi. Sementara pada *overburden* (T2P11) pH masam tanah naik dari 4.3 menjadi 4.5 dan nilai KTK dari 12 menjadi 16 setelah 1 bulan aplikasi. Uji molekuler dari spora tunggal *Glomus etunicatum* membuktikan bahwa inokulum mikoriza yang digunakan dalam penelitian terjaga kemurniannya sedangkan *Azospirillum* yang digunakan diisolasi dari perakaran rumput Bede. Penggunaan mikoriza dan *Azospirillum* dapat mengurangi 50% penggunaan pupuk NPK dan dolomit dalam meningkatkan pertumbuhan rumput *B. decumbens*. Penggunaan mikoriza dan *Azospirillum* dapat mengurangi 50% penggunaan pupuk NPK dan dolomit dalam meningkatkan pertumbuhan rumput *B. decumbens*. Rehabilitasi lahan pasca tambang perlu dilakukan untuk memulihkan kembali lahan yang sudah terdegradasi.

DAFTAR ISI

- Baliah, N. T., & Rajalakshmi, V. (2015). Isolation and characterization of *Azospirillum* strains isolated from different agroclimatic zones of Virudhunagar district, Tamil Nadu. *Indian J Appl Res*, 5, 12.
- Behrooz, A., Vahdati, K., Rejali, F., Lotfi, M., Sarikhani, S., & Leslie, C. (2019). Arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting bacteria alleviate drought stress in walnut. *HortScience*, 54(6), 1087-1092.
- Djonova, E., Petkova, G., Stancheva, I., Geneva, M., & Michovsky, T. (2016). Response of pasture grasses to inoculation with mycorrhizal fungi and N-fixing bacteria. *Bulgarian J. of Soil Sci*, ISSN 2367-9212.
- Fanindi, A. (2016). Respon fisiologis rumput *Brachiaria* sp. pada lahan masam. *Wartazoa*, 26(3), 143-150.
- Faria, B. M., Morenz, M. J. F., Paciullo, D. S. C., Lopes, F. C. F., & Gomide, C. A. D. M. (2018). Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. *Revista Ciência Agronômica*, 49, 529-536. doi: 10.5935/1806-6690.20180060
- Hungria, M., Nogueira, M. A., & Araujo, R. S. (2015). Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. *Am J Plant Sci*. 6:811–817.
- Liu, J., Liu, J., Liu, J., Cui, M., Huang, Y., Tian, Y., Chen, A., Xu, G. (2019). The potassium transporter SIHAK10 is involved in mycorrhizal potassium uptake. *Plant Physiology*, 180(1), 465-479. doi: 10.1104/pp.18.01533.
- Manalu, H. S. P., Sukana, B., & Friskarini, K. (2014). Kesiapan Pemerintah Kabupaten Muara Enim Dalam Rangka Menanggulangi Pencemaran Batubara. *Indonesian Journal of Health Ecology*, 13(2), 95-104.
- Manian, S., Sreenivasaprasad, S., & Mills, P. R. (2001). DNA extraction method for PCR in mycorrhizal fungi. *Letters in Applied microbiology*, 33(4), 307-310.
- Nurhikmah, P. I., Kusumawati, E., & Susanto, D. (2018). Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae inoculation and liquid organic fertilizer application to the phosphorus concentration on soybean (*Glycine max* L.) in soils post-coal mining. *Int. J. Sci. Technol. Res*, 7, 110-112.
- Rosita, R., WIDIASTUTI, R., Mansur, I., & Faulina, S. A. (2020). Potential use of *Claroideoglossum etunicatum* to enrich signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) for silvopasture preparation. *Menara Perkebunan*, 88(1).
- Rosita, R. (2021). *Pertumbuhan dan Kemampuan Fitoremediasi Brachiaria decumbens Stapf. yang Diperkaya Claroideoglossum etunicatum dan Bacillus sp. pada Tanah Bekas Tambang Batu Bara* (Doctoral dissertation, IPB University).
- Rosita, R. (2022). Effectivity of Signal Grass (*Brachiaria decumbens*) Enrich with Microorganism to Absorb Heavy Metals (Pb). *BIODIVERS-BIOTROP Science Magazine*, 1(2), 29-34.
- Rosita, R., Widyastuti, R., & Mansur, I. (2023, November). APLIKASI INOVASI RISET PENDIDIKAN BIOLOGI UNTUK PEMULIHAN LAHAN BEKAS TAMBANG BATU BARA. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 11, pp. 1-7).
- Saharan, B. S., & Nehra, V. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sci Med Res*, 21(1), 30.
- Wulandari, D., Agus, C., Rosita, R., Mansur, I., & Maulana, A. F. (2022). Impact of tin mining on soil physio-chemical properties in Bangka, Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(2), a114-121.
- Zhang, H., Wei, S., Hu, W., Xiao, L., S& Tang, M. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* increased potassium content and expression of genes encoding potassium channels in *Lycium barbarum*. *Frontiers in Plant Science*, 8, 440.