

APLIKASI INOVASI RISET PENDIDIKAN BIOLOGI UNTUK PEMULIHAN LAHAN BEKAS TAMBANG BATU BARA

Risa Rosita^{1*}, Rahayu Widyastuti², Irdika Mansur³

¹Science Innovation Technology Department, SEAMEO BIOTROP, Bogor 16134, Indonesia

²Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB University, Bogor 16680

³Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor 16680

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

Abstrak

*Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus sp.* terhadap pertumbuhan rumput Bede yang ditanam pada tanah bekas tambang batu bara, (2) mempelajari kemampuan serapan hara (N, P, K) rumput Bede yang ditanam pada tanah bekas tambang batu bara. Percobaan penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF). Data diolah menggunakan program SAS 9,0 dan dilakukan analisis sidik ragam dengan uji lanjut DMRT (Duncan Multiple Range Test) pada taraf alpha (α) 5%. Pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus sp.* efektif meningkatkan pertumbuhan rumput Bede ketika ditanam pada tanah bekas tambang. Pada tanah overburden perlakuan T3P13 (penambahan 50% NPK + 50% dolomit + *C. etunicatum* + *Bacillus sp.*) mampu meningkatkan biomassa kering tanaman 660 kali lipat dibandingkan dengan kontrol (T3P0). Sementara itu pada tanah revegetasi pemberian perlakuan T2P10 (kombinasi dolomit 50% + *C. etunicatum*) menghasilkan berat basah dan berat kering akar paling besar. Rumput Bede yang diperkaya oleh *C. etunicatum* dan *Bacillus sp.* yang ditanam pada tanah bekas tambang serta tanah kebun Jati (jenis pemupukan: P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13) memiliki nilai serapan hara N, P, K yang lebih tinggi dibandingkan dengan rumput yang tidak diperkaya (P1, P2, P3) dan kontrol (P0). Rumput Bede yang diperkaya dan ditanam pada tanah revegetasi (T2P10) menunjukkan kemampuan serapan hara P paling tinggi dengan nilai serapan sebesar 1,93 g/tanaman.*

Kata kunci: bakteri endofit, mikoriza, overburden, revegetasi, rumput Bede

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai sumber daya alam, salah satunya adalah batu bara. Batu bara didapat melalui proses penambangan. Kegiatan setelah penambangan dihadapkan pada masalah kesuburan tanah, seperti menurunnya pH serta unsur hara tanah dan aktivitas mikroorganisme yang rendah. Pengelolaan lahan setelah penambangan menjadi hal yang penting untuk dilakukan. Aplikasi rumput Bede yang diperkaya oleh Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) *Claroideoglossum etunicatum* dan bakteri endofit *Bacillus sp.* diharapkan dapat menekan biaya pemeliharaan tanaman serta memperbaiki kondisi tanah bekas tambang batu bara karena keduanya memiliki kemampuan untuk mengkolonisasi perakaran tanaman, meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman dari cekaman logam berat maupun lingkungan. Pemanfaatan FMA berpotensi memperbaiki struktur tanah bekas penambangan, meningkatkan daya serap hara tanaman, dan menyediakan senyawa-senyawa penting yang dibutuhkan oleh 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). Cavagnaro *et al.* (2014), melaporkan bahwa inokulasi FMA meningkatkan 50% panjang akar pada rumput tropika. Sementara itu, bakteri akar pemacu pertumbuhan tanaman yang bersifat endofit dapat mengikat N₂ dan mendorong pertumbuhan tanaman diantaranya *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Azoarcus*, dan beberapa spesies dari famili Enterobacteriaceae (Hayat *et al.* 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus sp.* terhadap pertumbuhan rumput Bede yang ditanam pada tanah bekas tambang batu bara, (2) mempelajari kemampuan serapan hara (N, P, K) rumput Bede yang ditanam pada tanah bekas

tambang batu bara setelah diperkaya oleh *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan tanaman rumput Bede yang unggul setelah diperkaya oleh pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp., sehingga dapat tumbuh dengan baik dan bertahan hidup ketika ditanam pada tanah bekas tambang batu bara.

METODE

Waktu dan Tempat. Penelitian berlangsung pada bulan April hingga November 2020 di Laboratorium Biosistem Lanskap dan Manajemen (BLM) dan rumah kaca SEAMEO BIOTROP, Bogor. Analisis tanah, kandungan hara (N, P, K) dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Institut Pertanian Bogor serta Laboratorium Tanah dan Tanaman, SEAMEO BIOTROP, Bogor.

Alat dan Bahan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu pot, timbangan, neraca analitik, gelas ukur, mikro pipet, pipet ukur, Erlenmeyer, autoklaf, pH meter, sentrifus, *shaker*, *sudip*, mistar (meteran), kaliper, kamera, mikroskop stereo, mikroskop binokuler, *spektrofotometer uv-visible*, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS), *alat destilasi*, seperangkat alat uji Kjeldahl, *magnetic stirrer*, seperangkat alat destilasi Aufhauser, labu takar, tabung reaksi, gelas kimia, batang pengaduk, hot plate, oven serta saringan bertingkat yang memiliki lubang saring 425, 212, 106 dan 63 μm . Bahan yang digunakan meliputi serangkaian bahan yang digunakan untuk analisis tanah, kandungan hara (N, P, K), bibit rumput Bede yang telah diperkaya FMA umur empat minggu, inokulum bakteri endofit unggul terpilih dengan konsentrasi 10^9 CFU/ml, pupuk NPK (16-16-16), dolomit, tanah bekas tambang berupa tanah revegetasi dan *overburden* yang diperoleh dari PT. BA, Tbk serta tanah yang diambil dari kebun Jati SEAMEO BIOTROP digunakan sebagai kontrol.

Pengambilan Sampel Tanah Penyiapan media tanam (tanah kebun Jati, revegetasi dan *overburden*). Media tanam yang digunakan yaitu tanah kebun Jati, tanah revegetasi dan *overburden*. Tanah yang digunakan diayak dan dibersihkan. Tanah selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik anti panas dan disterilkan dengan diradiasi oleh sinar Gamma Cobalt (Co)-60 dosis 25 kGy agar mikroorganisme yang terdapat di tanah mati sehingga hanya faktor dari perlakuan yang diberikan yang akan memberikan pengaruh.

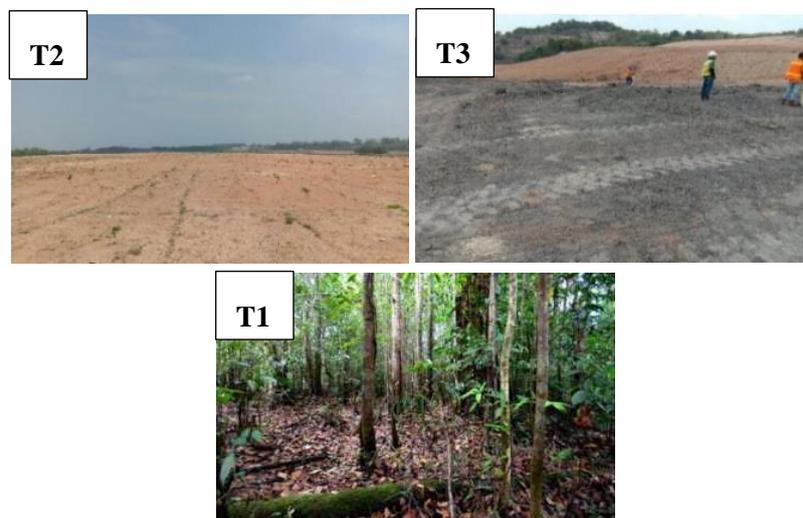
Penyiapan Bibit Rumput Bede yang Diperkaya FMA dan Bakteri Endofit. Target jumlah spora *C. etunicatum* yang dibutuhkan untuk aplikasi penanaman dengan tanah bekas tambang yaitu sebanyak 2100 spora. Spora tersebut dipanen dari hasil kultur penangkaran FMA yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya. Perakaran bibit rumput Bede yang berumur 2 minggu selanjutnya diinokulasikan 20 spora FMA. Setelah berumur 4 minggu selanjutnya bibit rumput Bede dipindahkan ke dalam pot yang berisi 500 g media tanam (tanah kebun jati, revegetasi dan *overburden*). Selanjutnya inokulum bakteri endofit unggul terpilih *Bacillus* sp. dengan konsentrasi 10^9 CFU/ml dipersiapkan. Pemberian bakteri endofit dilakukan satu minggu setelah *transplanting* rumput. Sebanyak 1 ml inokulum bakteri endofit diinokulasikan pada perakaran bibit rumput Bede dengan cara disuntikan di bagian perakaran tanaman. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan menyiram rumput tanpa menambahkan unsur hara. Tanaman dipelihara selama 12 minggu dalam kondisi rumah kaca setelah *transplanting* rumput. Tanaman yang tidak diinokulasi FMA maupun bakteri endofit dipersiapkan untuk perlakuan dengan NPK dan dolomit serta digunakan sebagai kontrol.

Penyiapan NPK. Berdasarkan hasil analisis ketersediaan kandungan N pada masing-masing media tanam maka kebutuhan dosis pemberian pupuk NPK (16-16-16) adalah sebagai berikut: tanah kebun Jati (T1)= 2,0 g/pot; tanah revegetasi (T2)= 2,3 g/pot, dan tanah *overburden* (T3)= 2,5 g/pot. Pemberian pupuk diberikan dengan cara membuat lubang untuk pupuk sedalam \pm 2 cm dari batang kemudian pupuk dimasukkan ke dalam lubang lalu ditutup dengan tanah. Pemberian dilakukan

sebanyak empat kali yaitu pada 7, 14, 30, 45 hari setelah *transplanting*. Pupuk NPK yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk NPK Mutiara (16-16-16) dengan hasil penetapan dan perhitungan kandungan hara dalam pupuk kimia mengandung: 16% N (Nitrogen); 16% P₂O₅ (Fosfat); 16% K₂O (Kalium); 0,5% MgO (Magnesium); 6% CaO (Kalsium).

Penyiapan Dolomit. Pemberian dolomit dilakukan satu minggu sebelum *transplanting* rumput dengan penghalusan agregat tanah kemudian mencampur dolomit dan tanah secara merata pada media tanam. Pemberian dosis dolomit dilakukan dengan menghitung pH awal ketiga media tanam (T1=5,5; T2=4,8; T3=4,3) kemudian meningkatkan pH masing-masing media tanam hingga mencapai pH netral 6,0 khusus untuk perlakuan dengan dolomit.

Penanaman Rumput Bede yang Telah diperkaya FMA dan Bakteri Endofit. Percobaan dilakukan dengan menerapkan berbagai jenis pemupukan pada pot-pot yang ditanami rumput Bede yang telah diperkaya FMA dan bakteri endofit menggunakan ketiga jenis media tanam. Ketiga jenis media tanam diambil dari dua lokasi yang berbeda yaitu: T1= kebun Jati SEAMEO BIOTROP, T2 dan T3= area bekas tambang batu bara PT. BA Tanjung Enim, Palembang. Ketiga lokasi pengambilan sampel tanah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah, dari kiri ke kanan; tanah kebun Jati (T1), tanah revegetasi (T2), *overburden* (T3)

Percobaan penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) dengan 2 faktor, yaitu jenis media tanam untuk faktor pertama dan jenis pemupukan untuk faktor kedua.

Faktor 1: Jenis media tanam yang digunakan terdiri dari tiga taraf, yaitu:

T1 = Tanah Kebun Jati (pH= 5,5; C-organik= 2,50%)

T2 = Tanah Revegetasi (pH= 4,8; C-organik= 1,83%)

T3 = *Overburden* (pH= 4,3; C-organik= 1,46%)

Faktor 2: Jenis pemupukan yang digunakan terdiri dari empat belas taraf, yaitu:

P0 = Kontrol, tanpa perlakuan

P1 = NPK 100%

P2 = Dolomit 100%

P3 = NPK 50% + dolomit 50%

P4 = FMA

P5 = Bakteri endofit

P6 = FMA + bakteri endofit

P7 = NPK 50% + FMA

P8 = NPK 50% + bakteri endofit

P9 = NPK 50% + FMA + bakteri endofit

P10 = Dolomit 50% + FMA

P11 = Dolomit 50% + bakteri endofit

P12 = Dolomit 50% + FMA + bakteri endofit

P13 = NPK 50% + dolomit 50% + FMA + bakteri endofit

Percobaan terdiri dari 42 unit percobaan masing-masing dengan 5 ulangan, sehingga total unit percobaan adalah 210 unit percobaan. Percobaan dilakukan selama 12 minggu masa tanam.

Analisis respon pertumbuhan rumput Bede setelah perlakuan. Parameter respon pertumbuhan tanaman yang diamati meliputi: tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, jumlah anakan, panjang akar, berat basah dan kering rumput, serta biomassa total. Biomassa total diperoleh melalui penjumlahan berat kering pucuk dan akar. Data pertumbuhan yang diperoleh selama penelitian kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%. Data diolah menggunakan program SAS 9,0.

Analisis serapan hara. Analisis kandungan hara dilakukan pada jaringan tanaman rumput Bede setelah tanam. Serapan hara N, P dan K dihitung dengan menggunakan rumus, yaitu serapan hara tanaman = berat total biomassa tanaman x % hara tanaman (Ardakani 2011).

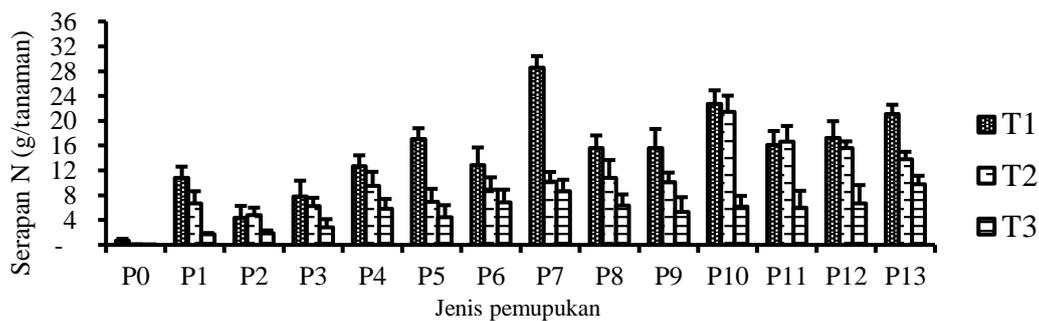
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jenis Media Tanam dan Pemupukan bagi Pertumbuhan Rumput Bede Setelah Tanam.

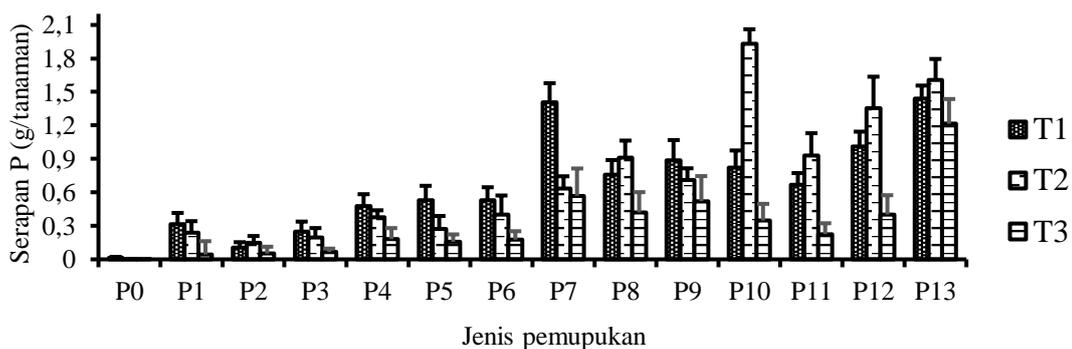
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui kedua faktor tunggal (jenis media tanam dan pemupukan) berpengaruh nyata pada seluruh parameter pertumbuhan rumput Bede. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terdapat interaksi diantara kedua faktor memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun, biomassa basah total, biomassa kering total, berat basah akar, dan berat kering akar rumput Bede ($p < 0,05$). Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan antar taraf interaksi dilakukan uji lanjut DMRT. Hasil penelitian menunjukkan pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. efektif meningkatkan pertumbuhan rumput Bede pada tanah bekas tambang batu bara (tanah revegetasi dan *overburden*). Berdasarkan hasil pengujian meskipun diterapkan pada tanah *overburden*, perlakuan T3P13 (penambahan 50% NPK + 50% dolomit + *C. etunicatum* + *Bacillus*) mampu meningkatkan biomassa kering total tanaman 660 kali lipat dibandingkan dengan kontrol (T3P0). Hal ini diduga karena bakteri endofit *Bacillus* melakukan fiksasi nitrogen bebas menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, di sisi lain perakaran bersimbiosis mutualisme dengan *C. etunicatum*. Simbiosis ini memperluas cakupan akar dalam menyerap unsur hara di tanah. Tanah *overburden* di India dimanfaatkan sebagai pengganti material konvensional sub-base permukaan jalan angkut tambang batu bara dengan komposisi Fly ash + 30% *overburden* tambang + 8% klinker (Mallick dan Mishra 2017). Hasil lain menunjukkan bahwa pemberian perlakuan T2P10 (kombinasi dolomit 50% + *C. etunicatum*) pada tanah revegetasi menghasilkan berat basah dan berat kering akar paling besar dibandingkan perlakuan lainnya serta kontrol. Hal tersebut diduga karena dolomit membantu meningkatkan pH tanah revegetasi masa pra tanam dari asam (4,8) menjadi netral (6,5) saat pasca tanam. Pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. dapat mengefisienkan 50% penggunaan pupuk NPK dan dolomit. Pemberian NPK dan dolomit pada penelitian bertujuan untuk menyediakan hara tambahan bagi tanaman dan mikroorganisme. Selain memberikan hara, dolomit juga berfungsi untuk menaikkan pH tanah dari asam menjadi netral. Pupuk NPK menyediakan hara N, P, dan K sedangkan dolomit menyediakan hara Mg serta Ca.

Pengaruh Jenis Media dan Pemupukan terhadap Kemampuan Serapan Hara Rumput Bede

Pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. meningkatkan kemampuan penyerapan hara tanaman. Hal tersebut diduga karena *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. memiliki kemampuan dalam membantu meningkatkan penyediaan hara bagi tanaman dengan mengkolonisasi perakaran. Saat berasosiasi dengan perakaran tanaman, FMA meningkatkan serapan hara mineral tanaman. Konsentrasi dan serapan hara makro serta mikro lebih tinggi pada tanaman yang diinokulasi FMA dibandingkan tanaman tanpa inokulasi FMA (Halder *et al.* 2015). Aroujo *et al.* (2012) dan Vejan *et al.* (2016) juga melaporkan selain dapat memfiksasi N_2 dan melarutkan P, *Bacillus* sp. dapat menghasilkan fitohormon auksin berupa IAA yang berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan akar dan tunas tanaman. Sementara itu, terbentuknya simbiosis perakaran tanaman dan FMA dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman berkaitan dengan tingginya jumlah transfer P dari fungi ke tanaman inang. Perbandingan kemampuan serapan hara N, P, K rumput Bede setelah pemberian perlakuan selama 12 minggu (Gambar 2, 3 dan 4).

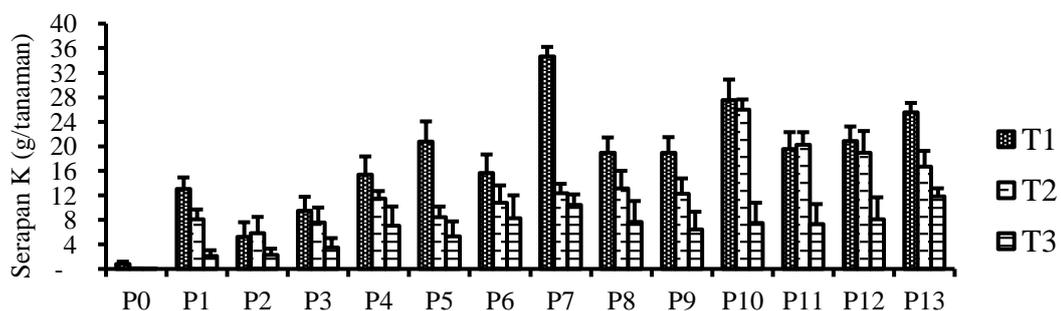


Gambar 2. Perbandingan serapan hara N rumput Bede setelah 12 minggu perlakuan



Gambar 3. Perbandingan serapan hara P rumput Bede setelah 12 minggu perlakuan

Berdasarkan Gambar 2, 3, dan 4, pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. pada tanah kebun Jati, tanah revegetasi dan overburden (jenis pemupukan: P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13) memiliki nilai serapan hara N, P, K yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (P0) serta rumput Bede yang tidak diperkaya (P1, P2, P3).



Gambar 4. Perbandingan serapan hara K rumput Bede setelah 12 minggu perlakuan. Rumput Bede yang diperkaya kedua isolat dan ditanam pada tanah revegetasi (T2P10) menunjukkan kemampuan serapan hara P paling tinggi dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya, dengan nilai serapan P sebesar 1,93 g/tanaman. Sementara itu, serapan hara N dan K paling tinggi diperoleh dari perlakuan T1P7, dengan nilai serapan N sebesar 28,56 g/tanaman dan K sebesar 34,62 g/tanaman. Jumlah hara di rizosfer dipengaruhi oleh mineralisasi berbagai bahan organik menjadi bentuk yang siap diserap oleh tanaman karena adanya aktivitas mikroorganisme tanah.

Bacillus sp. mampu melakukan fiksasi nitrogen bebas menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, di sisi lain perakaran tanaman membangun interaksi berupa simbiosis mutualisme dengan *C. etunicatum* dan menyebabkan meluasnya sistem perakaran sehingga memperluas cakupan akar dalam menyerap unsur hara. Kedua mikroorganisme diduga mensintesis dan melepaskan senyawa-senyawa seperti polisakarida dan glomalin yang dapat memperbaiki agregasi dan struktur tanah. Hifa FMA mengandung glomalin yang berfungsi untuk merekatkan partikel-partikel tanah yang tersebar (Hammer dan Rillig 2011).

KESIMPULAN

Pemberian *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. efektif meningkatkan pertumbuhan rumput Bede ketika ditanam pada tanah bekas tambang. Pada tanah *overburden* perlakuan T3P13 (penambahan 50% NPK + 50% dolomit + *C. etunicatum* + *Bacillus* sp.) mampu meningkatkan biomassa kering tanaman 660 kali lipat dibandingkan dengan kontrol (T3P0). Sementara itu pada tanah revegetasi pemberian perlakuan T2P10 (kombinasi dolomit 50% + *C. etunicatum*) menghasilkan berat basah dan berat kering akar paling besar. Rumput Bede yang diperkaya oleh *C. etunicatum* dan *Bacillus* sp. yang ditanam pada tanah bekas tambang serta tanah kebun Jati (jenis pemupukan: P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13) memiliki nilai serapan hara N, P, K yang lebih tinggi dibandingkan dengan rumput yang tidak diperkaya (P1, P2, P3) dan kontrol (P0). Rumput Bede yang diperkaya dan ditanam pada tanah revegetasi (T2P10) menunjukkan kemampuan serapan hara P paling tinggi dengan nilai serapan sebesar 1,93 g/tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada SEAMEO BIOTROP yang telah mendukung penelitian melalui pemberian dana penelitian hibah DIPA 2019 serta PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Palembang atas fasilitasi kunjungan ke lahan bekas tambang dan penyediaan tanah bekas tambang batu bara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Mafakheri, S., Moghaddam, A., (2011), Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp., *Glomus intraradices* and manure application, *Physiol Mol Biol Pla*, 17:181–192.
- Aroujo, F.F., Souza, E.C., Guerreiro, R.T., Guaberto, L.M., Aroujo, A.S.F., (2012), Diversity and growth-promoting activities of *Bacillus* sp. in maize, *Rev Caatinga*, 25:1-7.
- Cavagnaro, R.A., Oyarzabal, M., Oesterheld, M., Grimoldi, A.A., (2014), Screening of biomass production of cultivated forage grasses in response to mycorrhizal symbiosis under nutritional deficit conditions, *JSGS*, 60:178–184, doi: 10.1111/grs.12057.
- Halder, M., Dhar, P.P., Mujib, A.S.M., Khan, M.S., Joardar, J.C., Akhter, S., (2015), Effect of arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on growth and up take of mineral nutrition in *Ipomoea aquatica*, *Curr World Environ*, 10(1):67-75, doi: 10.12944/CWE.10.1.08.

- Hammer, E.C., Rillig, M.C., (2011), The influence of different stresses on glomalin levels in an arbuscular mycorrhizal fungus-salinity increases glomalin content, *PLoS One*, 6(12), doi:10.1371/journal.pone.0028426
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., (2010), Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review, *Ann Microbiol*, 60:579–598, doi:10.1007/s13213-010-0117-1.
- 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*, 180:465-479, doi: 10.1104/pp.18.01533.
- Mallick, S.R., dan Mishra, M.K., (2017), Evaluation of clinker stabilized fly ash-mine overburden mix as sub-base construction material for mine haul roads, *Geotechnical and Geological Engineering*, 35(4):1629-1644, doi: 10.1007/s10706-017-0198-8.
- Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., Boyce, A.N., (2016), Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-a review, *Molecules*, 21(5):573, doi: 10.3390/molecules21050573.
- Zhang, H., Wei, S., Hu, W., Xiao, L., Tang, M., (2017), Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* increased potassium content and expression of genes encoding potassium channels in *Lycium barbarum*, *Front Plant Sci*, 8:440.