

Pengaruh Bahan Organik dan *Azotobacter* terhadap pertumbuhan Jagung di Tailing terkontaminasi merkuri dari Pulau Buru

Reginawanti Hindersah^{1,3}, A.Marthin Kalay², Rafael Osok²

¹Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor, Sumedang 45363

²Fakultas Pertanian Universitas Pattimura
Jalan Ir. Putuhena Kampus Poka, Ambon 97233

³Pusat Unggulan Maluku Corner Universitas Padjadjaran
Jalan Dipati Ukur 46 Bandung 40132

Email. reginawanti@unpad.ac.id

ABSTRAK

Sifat tailing tambang mineral yang ditimbun di area pertanian tidak memenuhi persyaratan budidaya tanaman pangan. Suatu percobaan rumah kaca dilakukan untuk mendapatkan informasi perbaikan pertumbuhan tanaman yang ditanam di tailing terkontaminasi merkuri dengan penambahan bahan organik dan bakteri pemfiksasi nitrogen, *Azotobacter*. Rancangan percobaan rumah kaca adalah Rancangan Acak Kelompok faktorial yang menguji konsentrasi *Azotobacter* di inokulasikan ke tanah dan dosis bahan organik. Tidak ada efek interaksi antara kedua perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman jagung umur 4 minggu. Baik bahan organik maupun *Azotobacter* memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan vegetatif jagung

Kata kunci: *Azotobacter*, bahan organik, bobot tanaman, rasio tajuk akar.

Effect of organic matter and *Azotobacter* on growth of Corn grown in mercury-contaminated tailing of Buru Island

ABSTRACT

Characteristics of mineral-mine tailings deposited in agricultural areas do not meet the requirements for food crop cultivation. The objective of the experiment was to obtain the information on the improvement of plant growth planted in mercury-contaminated tailings after adding organic matter and nitrogen fixing bacteria, *Azotobacter*. The greenhouse trial was set up in randomized factorial design which tested the *Azotobacter* inoculation concentrations and organic matter doses. There was no interaction effect between the two treatments on the growth of four-week old corn. Both organic matter and *Azotobacter* had a positive impact on vegetative growth of corn.

Key Words: *Azotobacter*, organic matter, plant weight, shoot-root ratio

PENDAHULUAN

Secara alami, merkuri (Hg) ditemukan di tanah dalam jumlah yang kecil, dan dapat meningkat oleh aktivitas antropogenik. Merkuri adalah racun untuk makhluk hidup karena kation Hg berikatan dengan gugus sulfhidril pada enzim yang menyebabkan inaktivasi enzim^[1]. Penambangan emas ilegal di Pulau Buru menyisakan tailing yang sebagian ditimbun di atas lahan pertanian.

Tailing adalah limbah bahan tambang yang tidak subur untuk budidaya tanaman pertanian. Kadar bahan organik dan unsur hara makro tailing rendah dengan pH masam^[2]. Tekstur tailing didominasi oleh pasir sehingga infiltrasi air tinggi^[3], oleh karena itu air mudah hilang dari perakaran. Tailing di lokasi tambang emas Pulau Buru dan daerah pertanian sehingga lahan pertanian beresiko terkontaminasi Hg sebagai akibat dari proses ekstraksi emas yang menggunakan Hg.

Merkuri bukan satu-satunya logam berat di tailing, penggilingan bahan tambang akan meningkatkan kadar logam seperti C, Zn, Pb, Li, Cu, Ni, Cr, Cd, Ag maupun Ar^[4].

Hambatan utama pertumbuhan tanaman di tailing adalah struktur tanah, kadar bahan organik dan nitrogen yang rendah. Kedua hal ini dapat menghambat pertumbuhan vegetatif awal yang memerlukan media perakaran yang menyediakan air dan nitrogen yang diserap tanaman dalam jumlah relatif dibandingkan pada fase generatif^[5,6]. Sumber nitrogen dapat berasal dari pupuk anorganik dan bakteri pemfiksasi nitrogen non simbiotik *Azotobacter* yang juga memproduksi fitohormon dan eksopolisakarida^[7]. Inokulasi *Azotobacter* di tailing sebelum penanaman kacang tanah membuktikan bahwa bakteri ini bertahan hidup di tailing yang mengandung Hg^[8].

Penambahan bahan organik pada tailing adalah penting untuk memperbaiki struktur tanah karena dapat menstimulasi mikroagregasi tailing melalui interaksi organo-mineral [9]. Pada tanah terkontaminasi logam berat, bahan organik meningkatkan dan sekaligus dapat meningkatkan adsorpsi Hg oleh tanah [9,10]. Pemanfaatan tailing untuk pertanian memerlukan pengelolaan bahan organik dan nitrogen. Penelitian pot ini bertujuan untuk mendapatkan informasi pertumbuhan tanaman jagung yang ditanam di tailing terkontaminasi Hg pada beberapa konsentrasi bahan organik dan inokulan cair *Azotobacter*.

BAHAN DAN METODE

Uji hayati di rumah kaca ini dilaksanakan di Fakultas Pertanian Universitas Pattimura (Unpatti) pada Oktober 2016 menggunakan tailing tambang emas. Tailing diambil dari bekas aliran sungai Anhani Kabupaten Buru. Tailing bersifat masam dengan pH 2,7, C organik 0,1% dan unsur hara utama N total 0,04%; P₂O₅ total 0,55 mg/100g dan K₂O 11,03 mg/100 g. Kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa tailing rendah

namun kejenuhan Al sangat tinggi. Tekstur tailing termasuk lempung yang didominasi pasir dengan komposisi 50% pasir, 23% debu dan 17% liat. Kadar Hg tailing di sedimen Anhani pada kedalaman 0-30 cm adalah 0,64 mg/kg, melebihi ambang batas PP No. 82/2001 yaitu 0,001 mg/kg di perairan, dan 0,15 mg/kg di tanah^[11].

Uji hayati berupa percobaan rumah kaca untuk menguji respons tanaman jagung yang ditanam di tailing dengan variasi kadar kompos dan kepadatan inokulan *Azotobacter* pemfiksasi N. Percobaan dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok dengan empat ulangan. Perlakuan pertama adalah inokulasi konsorsium dua isolat *Azotobacter* yang terdiri atas tiga taraf faktor yaitu tanpa dan dengan inokulasi 10⁶ dan 10⁸ per gram tanah. Perlakuan kedua adalah bahan organik yang terdiri atas tiga taraf faktor yaitu tanpa dan dengan 40% dan 60% bahan organik. Tanaman juga ditumbuhkan di Inceptisol Ambon sebagai pembanding namun tidak dimasukkan sebagai perlakuan pada analisis ragam.

Biakan murni *Azotobacter* sp. koleksi Laboratorium Penyakit Tanaman Unpatti dan *Azotobacter chroococcum* dari Laboratorium Biologi Tanah Universitas Padjadjaran dipelihara di agar miring Ashby bebas Nitrogen. Inokulan cair dipersiapkan dengan mencampurkan inokulan cair kedua isolat umur 72 jam pada media berbasis molase dengan komposisi seimbang. Setelah pencampuran, inokulan cair konsorsium *Azotobacter* dihomogenasi di atas *reciprocal shaker* selama 30 menit pada suhu ruang dengan agitasi 115 rpm.

Jagung var. Bisi Dua ditanam selama 4 minggu di polybag berisi 1 kg media tanam tidak steril berisi tailing dan bahan organik sesuai perlakuan dengan pemupukan NPK sesuai rekomendasi setara 10 g per tanaman karena kesuburan tailing yang sangat rendah. Di akhir penelitian dilakukan pengukuran parameter pertumbuhan yang terdiri atas tinggi tajuk jagung, bobot basah tajuk dan akar serta bobot kering tajuk dan akar.

Seluruh data dianalisis dengan analisis ragam (Uji F 5%) dan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara visual, tanaman yang ditanam di tailing tumbuh terhambat dibandingkan jagung yang ditanam di tanah Inceptisol terutama dari warna daun (Gambar 1). Namun tinggi tanaman jagung yang diberi 60 kg/ha kompos menyamai tanaman di tanah biasa.



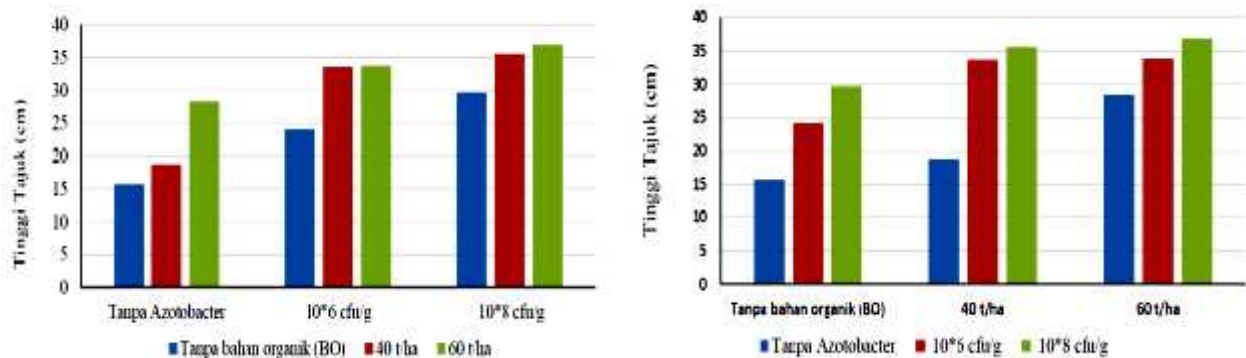
Gambar 1. Pertumbuhan tanaman jagung di tailing tanpa bahan organik (kanan) terhambat dibandingkan dengan tanaman yang ditanam dengan penambahan bahan organik 60 t/ha (tengah) dan di tanah Inceptisols (kiri).

Analisis ragam memperlihatkan bahwa tidak ada interaksi antara bahan organik dan konsentrasi bakteri *Azotobacter* eksogen terhadap tinggi maupun bobot tanaman. Namun kedua faktor perlakuan masing-masing secara mandiri meningkatkan tinggi tajuk, bobot basah tajuk dan akar, serta bobot kering tajuk dan akar dengan nyata (Gambar 2 dan Tabel 1).

Peningkatan kepadatan sel *Azotobacter* di dalam inokulan cair yang diinokulasikan dengan nyata meningkatkan tinggi tajuk sampai hampir 150% (Gambar 2a). Peningkatan bahan organik juga meningkatkan tinggi tajuk (Gambar 2b). Peningkatan tinggi tanaman sampai 42% diperlihatkan oleh tanaman di tailing yang dicampur dengan 40% maupun 60% kompos. Tinggi ini sebanding

dengan tinggi tanaman jagung di Inceptisols; 34,8 cm.

Inokulasi *Azotobacter* pada kedua konsentrasi meningkatkan bobot basah dan bobot kering, baik tajuk maupun akar sedangkan penambahan bahan organik meningkatkan bobot basah dan kering akar (Tabel 1). Peningkatan bobot basah dan bobot kering terlihat sejalan dan konsisten; peningkatan bobot basah dan bobot kering lebih besar pada tanaman yang diinokulasi 10^8 cfu/g *Azotobacter*. Peningkatan bobot tajuk dan akar setelah inokulasi 10^8 cfu/g mencapai masing-masing 142% dan 111% untuk berat basah serta 55% dan 24% untuk bobot kering. Penambahan kompos 60% lebih meningkatkan bobot basah dan kering akar daripada kompos 40%; masing-masing sampai 60% dan 72%.



Gambar 2. Pengaruh kepadatan sel *Azotobacter* dan dosis bahan organik terhadap tinggi tanaman jagung umur 4 minggu

Tabel 1. Pengaruh kepadatan sel *Azotobacter* dan konsentrasi bahan organik terhadap bobot basah dan bobot kering tajuk serta akar jagung umur 4 minggu

Perlakuan	Bobot basah			Bobot kering		
	Tajuk	Akar	T/A*	Tajuk	Akar	T/A*
<i>Azotobacter</i> (cfu/g)						
Kontrol	1,40 a	1,90 a	0,74	0,20 a	0,25 a	0,80
10 ⁶	1,96 a	2,81 b	0,69	0,29 a	0,45 b	0,64
10 ⁸	3,39 b	4,02 c	0,84	0,31 b	0,31 ab	1,00
Bahan Organik (%)						
Kontrol	1,40 a	2,21 a	0,63	0,23 a	0,25 a	0,92
40	2,11 a	2,99 b	0,70	0,29 a	0,33 a	0,88
60	2,72 a	3,54 c	0,77	0,28 a	0,43 b	0,65

*T/A, rasio tajuk dan akar.

Keterangan : Angka yang diikuti dengan hiruf yang sama tidak berbeda secara signifikan menurut Uji DMRT 0,05. Huruf besar dibaca horisontal sedangkan huruf kecil dibaca vertikal

Dibandingkan dengan kontrol, T/A bobot basah maupun kering menurun setelah inokulasi *Azotobacter* konsentrasi rendah tetapi meningkat jika konsentrasi inokulan ditingkatkan. Penambahan bahan organik meningkatkan T/A bobot basah, tetapi T/A bobot kering tanaman pada media dengan 60% bahan organik menurun cukup besar dibandingkan dengan tanaman tanpa dan dengan bahan organik dosis rendah (Tabel 1).

Perbedaan T/A berat basah dan berat kering memperlihatkan perubahan kadar air tajuk dan akar. Hasil percobaan ini memperlihatkan peningkatan TA bobot kering setelah inokulasi yang mengindikasikan

bahwa inokulasi dapat menjaga kadar air di daun dan akar. Di lain pihak penurunan T/A bobot kering setelah penambahan bahan organik mengindikasikan pada kondisi itu tanaman tidak dapat menjaga kadar airnya. Fenomena tersebut berkaitan dengan kapasitas tanaman menjaga tekanan turgor^[12].

Azotobacter dapat berperan dalam peningkatan kadar air tanaman melalui peningkatan perakaran yang difasilitasi oleh fitohormon dan Eksopolisakarida yang dihasilkannya^[13,14]. Perakaran yang lebih masif dapat meningkatkan serapan air dan nutrisi telah banyak dijelaskan. Eksopolisakarida berperan penting dalam

perbaiki struktur tanah terutama pori tanah dan agregasi tanah [15], yang memfasilitasi penyerapan air selain nutrisi. Peningkatan pertumbuhan oleh *Azotobacter* adalah akibat langsung dari proses fiksasi nitrogen simbiotik yang menghasilkan amonium dan selanjutnya melalui proses nitrifikasi menjadi nitrat yang diserap tanaman. Viabilitas *Azotobacter* setelah penelitian tidak dihitung namun peningkatan pertumbuhan setelah inokulasi *Azotobacter* secara tidak langsung memperlihatkan bahwa bakteri ini dapat berproliferasi di tailing [8].

Penambahan bahan organik sampai 60 t/ha memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kadar oksigen tanah. Kondisi fisik tailing setelah penambahan bahan organik mungkin sama baiknya dengan mampat dibandingkan dengan tanah Inceptisols. Kecukupan oksigen memperbaiki serapan unsur hara dan air serta mendukung perkembangan mikroba indigenus maupun yang sengaja diinokulasikan. Telah dijelaskan bahwa bahan organik yang sengaja dicampurkan dengan tailing akan mendorong pembentukan struktur tanah [9]. Pada tanah terkontaminasi logam berat, bahan organik dapat meningkatkan adsorpsi Hg oleh tanah [10], sehingga serapan Hg diturunkan dan tanaman tidak teracuni.

Pada penelitian ini, inokulasi *Azotobacter* dan aplikasi bahan organik disertai dengan pemberian pupuk inorganik NPK dengan dosis 10 g per tanaman. Tambahan nutrisi tersebut antara lain menyebabkan tinggi tanaman dengan 60 t/ha bahan organik dapat menyamai pertumbuhan jagung di tanah Inceptisols. Peran positif pupuk inorganik untuk revegetasi lahan tambang juga diperlihatkan oleh perbaikan pertumbuhan dan penampilan tanaman bioremediasi [14].

KESIMPULAN

Pengaruh dosis kompos terhadap pertumbuhan tanaman jagung di tailing terkontaminasi Hg tidak dipengaruhi oleh

tingkat inokulasi *Azotobacter*. Baik bahan organik maupun kompos meningkatkan tinggi tanaman jagung umur 4 minggu. Biomassa tanaman jagung berupa bobot basah dan kering tajuk meningkat pada tanaman yang diinokulasi *Azotobacter* tetapi bahan organik hanya meningkatkan bobot basah dan kering akar. Setelah inokulasi *Azotobacter*, rasio berat kering tajuk-akar (T/A) jagung lebih besar daripada T/A berat basah yang menandakan bahwa *Azotobacter* menjaga kadar air tanaman. Sebaliknya, penambahan bahan organik menurunkan T/A berat kering.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan melalui Riset Kompetitif Nasional dengan skema Penelitian Fundamental TA 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Broussard, L.A., C. A. Hammett-Stabler, R.E. Winecker, and J. D. Roper-Miller. 2002. The Toxicology of Mercury. *Laboratorymedicine*, 8 (33): 614-625. <https://academic.oup.com/labmed/article-abstract/labmed33-0614.pdf>. [22/09/2018]
- [2] Taberima, S., and R. Sarwom. 2016. Status of macro and micro nutrients from deposited tailings in reclamation area, PT Freeport Indonesia, Timika, *J. Degr. Mine. Land Manag.*, 3 565-76
- [3] Mirdat, S. Yosep, and Isrun. 2013. The level of heavy metal of mercury (Hg) in soil of agricultural area around gold mining in Poboya, Palu. *e-J Agrotekbis.*, 1(2): 127-34.
- [4] Chunchacherdchai, L., Chotpantararat, S., and C. Tongcumpou. 2011. Investigating of heavy metals in different depths of soil tailings from Akara Gold Mine, Thailand using three-steps modified BCR sequential extraction. 2nd International

- Conference on Environmental Science and Technology IPCBE, 6:28-31.
- [5] Aminifard, M.H., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M., and M. Kyayyat. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on vegetative and reproductive growth of pepper plants under field conditions. *J. Plant Nutr.* 4(2):253-242
- [6] Molla, M.S.H., Nakasathien, S., Sarobol, E. and V. Vichukit. 2014. Effects of Nitrogen and Water on Maize Varieties under Short and Prolonged Drought. *J. Develop. Sustain. Agric.* 9: 97-110
- [7] Gauri S.S, Mandal, S.M. and B.R. Pati. 2012. Impact of Azotobacter exopolysaccharides on sustainable agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol* 95(2):331-8
- [8] Hindersah R., Handyman, Z., Indriani, F.N., Suryatmana, P, dan N. Nurlaeny. 2018. Azotobacter population, soil nitrogen and groundnut growth in mercury contaminated tailing inoculated with *Azotobacter*. *J. Degr. Mine. Land Manag.* 5(3):1269-1274.
- [9] Yuan, M., Xu, Z.P., Baumgartil, T., and L. Huang. 2016. Organic mendment and plant growth improved aggregation in Cu/Pb-Zn Tailing. *Soil. Sc. Soc. Am. J.* 80(1): 27-37
- [10] Yin, Y., Allen, H.E., Li, Y., Huang, C.P., and P. F. Sanders. 1996. Adsorption of Mercury(II) by Soil: Effects of pH, Chloride, and Organic Matter. *J Environ Qual* 25(4): 837-844,
- [11] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 2013. Laporan Hasil Analisis Konsentrasi Merkuri Akibat Pertambangan Emas di Gunung Botak, Kabupaten Buru, Pengendalian Dampak Lingkungan, Maluku.
- [12] Hessini, K., Martinez, J.P., Gandour, M., Albouchy, A, and C.Abdelly. 2009. Effect of water stress on growth, osmotic adjustment, cell wall elasticity and water-use efficiency in *Spartina alterniflora*. *J. Exp. Bot.* 67:312-319.
- [13] Kukreja, K., Suneja, S., Goyal, S. and N. Narula. 2004. Phytohormone production by azotobacter - a review, *Agric. Rev.*, 25 (1) : 70 – 75
- [14] Patil, S.V., Salunkhe, R.B., Patil, C.D., Patil, D.M. and B.K. Salunke. 2010. Bioflocculant exopolysaccharide production by *Azotobacter indicus* using flower extract of *Madhuca latifolia* L. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 162:1095-108.
- [15] Alami, Y., Achouak, W., Marol, C. and T. Heulin. 2000. Rhizosphere soil aggregation and plant growth promotion of sunflowers by an exopolysaccharide-producing *Rhizobium* sp. strain isolated from sunflower roots. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 3393-3398
- [16] Rotkittikhun, P., Chaiyarat, R., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P. and A.J. Baker. 2007. Growth and lead accumulation by the grasses *Vetiveria zizanioides* and *Thysanolaena maxima* in lead-contaminated soil amended with pig manure and fertilizer: a glasshouse study. *Chemosphere.* 66(1):45-53