

Agrologia

Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman

Volume 4, Nomor 1, April 2015

POTENSI TUMBUHAN OBAT DALAM UPAYA PEMANFAATAN LAHAN PEKARANGAN OLEH MASYARAKAT DESA CIMENTENG KAWASAN TAMAN NASIONAL UJUNG KULON

Nurmayulis dan N. Hermita

RESPONS PERTUMBUHAN VEGETATIF JAGUNG DI TAILING TAMBANG TIMAH TERKONTAMINASI KADMIUM SETELAH INOKULASI BAKTERI INDOGENUS

Hindersah, R dan J. Matheus

PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L) SETELAH APLIKASI PUPUK HAYATI TUNGGAL DAN DAN KONSORSIUM

Kalay, A.M., Hindersah, R., Talahaturuson, R., Uluputty, M.R dan A. F. Langoi

AKTIVITAS ANTI CENDAWAN EKSTRAK DAUN SEREH WANGI (*Cymbopogon nardus* L.) TERHADAP *Colletotrichum* sp PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI (*Capsicum annum* L.) SECARA IN VITRO DAN IN VIVO

Syabana, M. A., Saylendra, A dan D. Ramdhani

PERTUMBUHAN DAN HASIL SELEDRI (*Apium grafeolens* L.) PADA MEDIA PASIR SETELAH DIBERIKAN GANDASIL D DAN ATONIK

Uluputty, M.R.

ANALISIS DAMPAK FENOMENA EL NINO (1997-1998) TERHADAP

Salman, R.S.

PERTUMBUHAN DAN SERAPAN NITROGEN *Azolla microphylla* AKIBAT PEMBERIAN FOSFAT DAN KETINGGIAN AIR YANG BERBEDA

Utama, P., Firnia, D dan G. Natanael

KEANEKARAGAMAN DAN KEMERATAAN SERANGGA PADA AREAL TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum* L) SETELAH BERBAGAI

Tomayahu, E.

Agrologia

Vol. 4

No. 1

Halaman
01 – 59

Ambon,
April 2015

ISSN
2301-7287

RESPONS PERTUMBUHAN VEGETATIF JAGUNG DI TAILING TAMBANG TIMAH TERKONTAMINASI KADMIUM SETELAH INOKULASI BAKTERI INDIGENUS

Reginawanti Hindersah dan James Matheus

Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21 Jatinangor 45363
Email: reginawanti@gmail.com

ABSTRAK

Tingkat kontaminan kadmium (Cd) pada tailing di areal lahan bekas tambang timah yang melebihi ambang batas. Cd pada konsentrasi relatif tinggi menurunkan hasil tanaman dan mengancam rantai makanan. Penggunaan tailing untuk produksi pertanian perlu didahului oleh bioremediasi menggunakan mikroba indigenus untuk menurunkan Cd tanah dengan tetap meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kapasitas bakteri indigenus tailing tambang timah dalam menginduksi proliferasi bakteri di rizosfer, meningkatkan pertumbuhan jagung di masa fase vegetatif awal serta mengubah konsentrasi Cd di tanah dan tanaman. Penelitian pot dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok yang menguji potensi dua isolat dan tiga dosisnya. Bakteri diinokulasikan pada tanaman jagung yang ditanam di tailing dari lokasi tambang timah di Pulau Bangka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi bakteri indigen meningkatkan populasi bakteri di rizosfer tanaman dan tinggi tanaman, namun hanya isolat BKH1 dengan dosis 5 mL/tanaman yang meningkatkan bobot kering tanaman. Kandungan Cd tanah menurun jika diinokulasi bakteri meskipun tidak nyata secara statistik sedangkan efek inokulasi terhadap serapan Cd tanaman tidak konsisten.

Kata kunci: Bakteri indigenus, Jagung Tailing, Tambang Timah

RESPONSE OF MAIZE IN CADMIUM CONTAMINATED TIN MINE TAILINGS FOLLOWING INDIGENOUS BACTERIAL INOCULATION

ABSTRACT

Contaminant levels of cadmium (Cd) in tin mine tailings often exceeds the upper limit. Relatively high Cd content might decrease crop yields and threatened food chain. Bioremediation by using indigenous microbes to lower soil Cd should be done prior to use tailings for cultivation. The objective of this experiment was to obtain information about the capacity of indigenous bacterias to induce bacterial proliferation in the rhizosphere, corn growth during the early vegetative stage and change the concentration of Cd in soil and plants. Pot experiment was set up in a Randomized Block Design consist of several combination of two bacterial isolates and their doses. Maize seeds were sown in tailings from the mine site on the island of Bangka and inoculated with indigenous bacteria. The results showed that the bacterial inoculation increased number of bacteria in the rhizosphere and plant height, but only isolates BKH1 with a dose of 5 mL/plants that increased plant dry weight. Soil Cd content decreased when inoculated by bacteria although not statistically significant, while the effect of inoculation on plant Cd uptake was inconsistent.

Key Words: Indigenous bacteria, Maize, Tailing, Tin Mine

PENDAHULUAN

Tailing timah di Pulau Bangka umumnya berupa tailing pasir yang dicirikan oleh persentasi fraksi pasir yang tinggi sehingga daya pegang air rendah. Kandungan

liat, bahan organik dan unsur hara tersedia yang rendah akan menghambat pertumbuhan tanaman. Di beberapa lokasi, tingkat kontaminan Cd pada tailing di areal lahan bekas tambang timah Bangka sudah melebihi ambang batas. Pengamatan yang dilakukan

oleh Balai Lingkungan Pertanian (2011) menunjukkan bahwa kandungan Cd pada tanah bekas lahan tambang timah Bangka antara 0,67 – 12,36 mg kg⁻¹, lebih tinggi daripada kandungan Cd rata-rata di kulit bumi 0,1–0,2 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007) sedangkan di tanah tidak terkontaminasi yaitu 0,06–1,1 mg kg⁻¹, rata-rata 0,5 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias and Pendias, 2001) Kontaminan Cd disebabkan secara alami batuan yang mengandung timah sering mengandung pengotor Cd.

Logam Cd dalam kuantitas berlebih merupakan logam toksik akan terakumulasi di rantai makanan. Tanaman terkontaminasi Cd adalah salah satu sumber kontaminan Cd bagi manusia. Di lain pihak, Cd pada konsentrasi relatif tinggi menurunkan hasil tanaman. Pencemaran lahan oleh Cd dapat menurunkan potensi hasil dari bobot gabah kering giling hingga mencapai 36,4% (Suganda *et al.*, 2002). Bobot kering dan bobot biji per pot jagung yang ditanam di tanah dengan konsentrasi Cd 7,3–26,6 mg kg⁻¹ menurun sampai 70% (Ghani *et al.*, 2010).

Pemanfaatan tailing terkontaminasi Cd sebagai salah satu komponen produksi tanaman masih dimungkinkan jika terlebih dahulu antara lain dilakukan bioaugmentasi dengan mikroba resisten Cd yang juga bertindak sebagai Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Dengan metode ini, mikroba akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan Cd dapat menghambat pertumbuhan bakteri tetapi sejumlah bakteri mengembangkan mekanisme resistensi terhadap logam berat. Bakteri resisten logam berat setidaknya memiliki salah satu mekanisme ini; 1. Kompartementasi di periplasma, membran dalam atau memberan luar sel, dan 2) sistem efluks (Issazedah *et al.*, 2013).

Untuk melakukan bioaugmentasi dengan bakteri PGPR di tailing bekas tambang timah, telah berhasil diisolasi sedikit rizobakteri dari rizosfer tanaman pioner yang tumbuh di atas tailing tambang timah Pulau Bangka. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang kapasitas bakteri indigenus tersebut dalam

meningkatkan pertumbuhan jagung di masa fase vegetatif awal serta perubahan konsentrasi Cd di tanah dan tanaman jagung.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni sampai Agustus 2012 di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor Sumedang dengan ketinggian tempat 752 meter dpl. Analisis mikroba dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah Universitas Padjadjaran; dan analisis logam berat Cd dilakukan di Laboratorium Residu bahan Agrokimia Badan Litbang Pertanian Bogor.

Bahan Biologis

Dua isolat bakteri yaitu Isolat BKH 1 dan isolat BKH 2 diisolasi dari Rizosfir tanaman Harendong (*Melastoma polyanthum* Bl.) di desa Simpang Kates Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Bangka Belitung. Bakteri diisolasi dengan media agar nutrisi dengan metode pengenceran plat. Populasi total bakteri di rizosfer harendong mencapai 2×10^7 cfu g⁻¹ tetapi keragaman bakteri sangat rendah. Kedua isolat masih menunjukkan pertumbuhan pada media agar nutrisi dengan logam berat Pb, Cr, Cd, Zn dan Mn 25 mg L⁻¹.

Tanah

Percobaan pot menggunakan tailing bekas tambang timah yang termasuk tanah Entisol bertekstur (91,02% pasir; 5,27% debu dan 3,73% liat). Tingkat kemasaman tanah agak masam (5,71), kandungan C organik sangat rendah (0,73 %), N total sangat rendah (0,05 %), KTK sangat rendah (2,91 cmol kg⁻¹), P-potensial 59,6 mg P₂O₅ 100g⁻¹ dan K-potensial sangat rendah yaitu 2,36 mgK₂O 100 g⁻¹. Konsentrasi Cd tanah adalah 8 mg kg⁻¹ setelah penambahan CdCl₂. Tanah diambil secara komposit dari daerah pertambangan timah lahan tambang timah Desa Kampung Cit Kepulauan Bangka dan Belitung.

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Perlakuan yang diuji adalah tujuh perlakuan kombinasi isolat bakteri dan kepadatan inokulan cair yakni;

A: Tanpa bakteri (Kontrol)

B: Isolat BKH1 dosis 5 mL per pot

C: Isolat BKH1 dosis 10 mL per pot

D: Isolat BKH1 dosis 15 mL per pot

E: Isolat BKH2 dosis 5 mL per pot

F: Isolat BKH2 dosis 10 mL per pot

G: Isolat BKH2 dosis 15 mL per pot

Percobaan dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan, sehingga terdapat 21 satuan percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Tailing dikeringudarkan dan sebanyak 200 g dimasukkan ke dalam gelas plastik opak (tidak transparan) berukuran 250 ml. Dua benih jagung hibida Pioneer dengan daya kecambah 94% ditanam di dalam satu lubang dengan kedalaman 2 cm. Suspensi bakteri pada media cair nutrisi disiramkan ke sekitar lubang tanam sesaat setelah benih ditanam. Tanaman kontrol disiram dengan akuadest steril sebanyak 15 mL. Tanaman yang mendapatkan perlakuan 5 mL dan 10 mL suspensi bakteri disiram kembali dengan akuadest steril sebanyak masing-masing 10 dan 5 mL.

Tanaman dipelihara di rumah kaca selama tiga minggu dengan kelembaban tanah pada kapasitas lapang. Di akhir penelitian diukur populasi bakteri di rizosfir tanaman jagung dengan metode pengenceran plat dengan media agar nutrisi, tinggi tanaman, bobot basah dan bobot kering tanaman setelah pemanasan pada suhu 70°C dan konsentrasi total Cd tanah dan tanaman dengan Atomic Adsorption Spectrometry setelah ekstraksi dengan asam campuran.

Data kecuali tinggi tanaman dan Cd tanaman dianalisis dengan analisis ragam (α

0,05) dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan α 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi bakteri total di rizosfer jagung

Sumber isolat bakteri indogenus pada percobaan ini adalah rizosfer harendong dengan populasi bakteri di rizosfer sebesar 2×10^7 cfu g⁻¹. Meskipun populasinya cukup tinggi tetapi keragaman bakterinya sangat rendah. Tiga minggu setelah bioaugmentasi, rizosfer jagung dikolonisasi oleh lebih banyak bakteri daripada rizosfer harendong, bahkan pada tanaman tanpa inokulasi mikroba indigenus terjadi peningkatan. Inokulasi bakteri indigenus dengan nyata meningkatkan populasi bakteri di rizosfer jagung dibandingkan kontrol (Tabel 1).

Peningkatan populasi bakteri bahkan mencapai $2,35 \times 10^{11}$ cfu/g pada perlakuan isolat BKH2 dengan dosis 15 mL, namun secara morfologis hanya didominasi oleh satu isolat bakteri. Tanah terkontaminasi logam berat miskin nutrisi sehingga diversitas mikroba rendah dan berkontribusi terhadap rendahnya biomassa tanaman dan lambatnya proses remediasi tanah (White et al., 2006).

Peningkatan populasi bakteri yang terdeteksi di rizosfer jagung, dapat disebabkan oleh eksudat akar yang melimpah sebagai sumber karbon untuk proliferasi bakteri (Sessitsch et al., 2013) dan/atau resistensi terhadap Cd. Bakteri yang resisten terhadap Cd memiliki kemampuan untuk tumbuh di tanah dengan konsentrasi Cd relatif tinggi. Bakteri ini akan berperan penting dalam siklus biogeokimia dan berpotensi dalam bioremediasi lahan suboptimal dengan kandungan logam berat tinggi.

Tabel 1. Pengaruh isolat dan dosis bakteri indigenus terhadap populasi bakteri di rizosfer jagung yang ditanam di tailing tambang timah terkontaminasi Cd

Perlakuan	Populasi bakteri (10^9 cfu g^{-1})
Tanpa bakteri (Kontrol) (A)	18,8 c
Isolat BKH1 dosis 5 mL per pot (B)	94,2 bc
Isolat BKH1 dosis 10 mL per pot (C)	201,0 ab
Isolat BKH1 dosis 15 mL per pot (D)	103,7 bc
Isolat BKH2 dosis 5 mL per pot (E)	188,7 ab
Isolat BKH2 dosis 10 mL per pot (F)	192,5 ab
Isolat BKH2 dosis 15 mL per pot (G)	235,7 a

Keterangan : Angka yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan α 0,05

Kandungan Cd tanah dan tanaman

Sebelum percobaan, kandungan Cd tanah adalah 8 mg/kg; di akhir percobaan, kandungan Cd tanah sedikit berkurang. Secara statistik tidak ada perbedaan kandungan Cd di tanah yang mendapatkan perlakuan bakteri maupun kontrol; dan tidak

ada pula perbedaan antar perlakuan bakteri (Tabel 2). Namun, secara nominal bioaugmentasi dengan bakteri indigenus menyebabkan Cd total tanah menurun sampai lebih dari 1 mg/kg. Pada remediasi tanah tercemar, penurunan ini penting untuk memperbaiki kualitas tanah.

Tabel 2. Pengaruh isolat dan dosis bakteri indigenus terhadap Cd tanah tailing tambang timah setelah ditanami jagung.

Perlakuan	Cd tanah ($mg\ kg^{-1}$)	Serapan Cd ($\mu g/tanaman$)
Tanpa bakteri (Kontrol) (A)	7,9	3,7 b
Isolat BKH1 dosis 5 mL per pot (B)	7,8	4,9 a
Isolat BKH1 dosis 10 mL per pot (C)	6,0	1,5 c
Isolat BKH1 dosis 15 mL per pot (D)	6,5	0,5 c
Isolat BKH2 dosis 5 mL per pot (E)	6,2	2,1 bc
Isolat BKH2 dosis 10 mL per pot (F)	6,6	3,0 bc
Isolat BKH2 dosis 15 mL per pot (G)	6,3	0,9 c

Keterangan : Angka yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan α 0,05

Penurunan Cd total tanah setelah inokulasi bakteri indigenus secara logis hanya disebabkan oleh kehilangan Cd tanah akibat diserap oleh tanaman mengingat pot tidak dilubangi sehingga tidak terjadi pencucian Cd. Namun demikian, tidak terlihat pola yang

konsisten pada perubahan serapan Cd tanaman jagung (akar dan tajuk tidak dipisahkan) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2. Dibandingkan dengan kontrol, bakteri dapat menurunkan, meningkatkan atau tidak mengubah serapan Cd. Resistensi

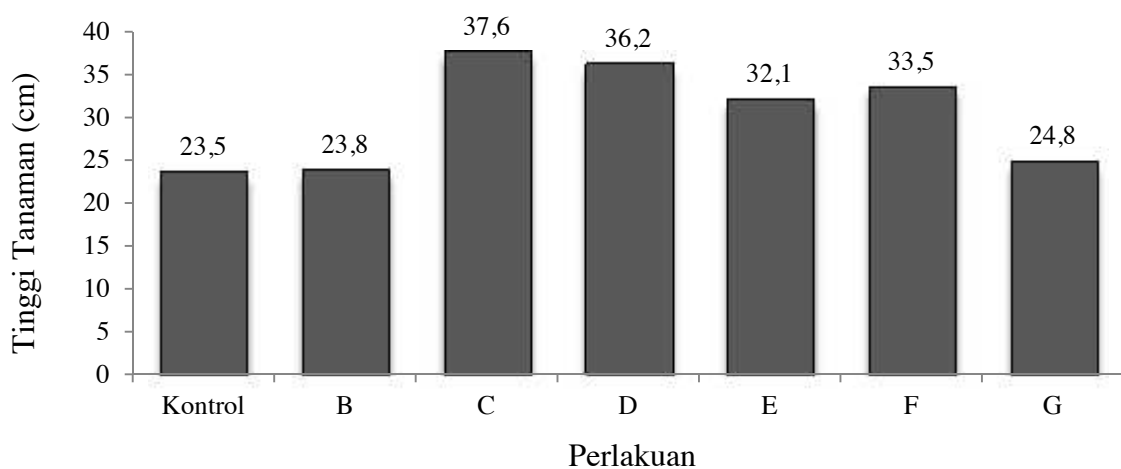
kedua isolat bakteri terhadap 25 mg/L Cd telah diuji sebelum penelitian, namun pengujian *in vitro* terhadap mekanisme mikroba dalam mengendalikan Cd tanah belum dilakukan.

Penurunan Cd tanah menjelaskan bahwa bakteri memobilisasi Cd sehingga dapat diserap tanaman. Bakteri dapat mengembangkan sistem produksi eksopolisakarida EPS untuk membentuk kompleks organik-logam yang bersifat mobil (Chen *et al.*, 1995). Mobilitas Cd yang meningkatkan serapan Cd tanaman telah diperlihatkan oleh tanaman selada yang ditanam dengan inokulasi *Azotobacter* penghasil EPS (Hindersah *et al.*, 2006). Sebaliknya, logam berat Cd akan menginduksi produksi eksopolisakarida mikroba (Hindersah, 2008). Transformasi kimia, kelasi dan protonasi dapat memobilisasi unsur hara mikro sedangkan presipitasi dan sorpsi menurunkan

ketersediaannya di dalam tanah; bakteri yang bersifat mengasamkan lingkungan tumbuhnya dapat melarutkan unsur hara mikro (Sessitsch *et al.*, 2013).

Pertumbuhan vegetatif tanaman Jagung

Tanpa penambahan bahan organik, jagung tidak tumbuh dengan baik di tailing tambang timah. Tekstur tanah berpasir dan rendahnya kadar C dan N menghambat pertumbuhan tanaman. Pada umur 21 hari tinggi tanaman hanya mencapai maksimal 37 cm, tanaman jagung yang diinokulasi bakteri indigenus lebih tinggi daripada kontrol (Gambar 1). Mekanisme PGPR bakteri indigenus ini belum diuji, masih perlu dilakukan pengujian apakah bakteri ini bersifat sebagai biofertilizer, biostimulan atau bioprotektan. Peningkatan pertumbuhan dapat disebabkan oleh potensi bakteri sebagai biofertilizer maupun biostimulan.



Gambar 1. Tinggi tanaman jagung yang ditanam di tanah dikontaminasi Cd dengan dan tanpa inokulasi bakteri. B: isolat BKH1; 5 mL, C: isolat BKH1;10 mL, D: isolat BKH1;15 mL, E: isolat BKH2; 5 mL, F: isolat BKH2;10 mL; G: isolat BKH2; 15 mL.

Plant growth promoting Rhizobacteria dapat berperan sebagai pelarut fosfat, pemfiksasi N₂, maupun menstimulasi pertumbuhan dan biomassa melalui produksi fitohormon seperti auksin Aly *et al.*, 2012). Fitohormon seperti asam indol asetat (auksin) secara tidak langsung berperan pula dalam memperbaiki akuisisi fosfor oleh tanaman

melalui perbaikan pertumbuhan perakaran (Marschner *et al.*, 2011).

Peningkatan tinggi tanaman tidak diikuti oleh peningkatan bobot segar maupun bobot kering (Tabel 3.) yang memperlihatkan bahwa fotosintesis tidak berjalan dengan lebih baik meskipun tanaman

diinokulasi mikroba indigenus. Kekurangan unsur hara tanah mengakibatkan tanaman tidak optimal dalam metabolisme, meskipun menurut Sessitsch *et al.* (2013), mikroba

resisten unsur hara mikro dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman di bawah kondisi konsentrasi toksik.

Tabel 3. Pengaruh isolat dan dosis bakteri indigenus terhadap bobot segar dan bobot kering jagung yang ditanam di tailing tambang timah terkontaminasi Cd

Perlakuan	Bobot Segar (g)	Bobot Kering (g)
Tanpa bakteri (Kontrol) (A)	2.13	0.78 ab
Bakteri BKH1; 5 mL per pot (B)	2.02	0.96 a
Bakteri BKH1; 10 mL per pot (C)	2.65	0.68 ab
Bakteri BKH1; 15 mL per pot (D)	2.77	0.62 abc
Bakteri BKH2; 5 mL per pot (E)	1.73	0.43 bc
Bakteri BKH2; 10 mL per pot (F)	2.29	0.50 bc
Bakteri BKH2; 15 mL per pot (G)	1.18	0.27 c

Keterangan: angka yang ditandai oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan α 0,05

Kapasitas bakteri indigenus untuk menginduksi kolonisasi bakteri di rizosfer jagung dan meningkatkan tinggi tanaman pada fase pertumbuhan awal terlihat nyata. Namun demikian, tidak diikuti dengan signifikansi bobot tanaman yang dapat disebabkan oleh rendahnya kandungan unsur hara tailing emas. Penurunan konsentrasi Cd tanah yang belum cukup signifikan memberikan gambaran bahwa mikroba indigenus belum cukup baik digunakan untuk bioremediasi. Diperlukan sejumlah penelitian terkait mekanisme bakteri sebagai PGPR dan sekaligus sebagai bioremediator untuk mengoptimalkan peran bakteri ini dalam rehabilitasi tailing tercemar Cd.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bakteri di rizosfer tanaman setelah inokulasi bakteri indigenus meningkat lebih dari sepuluh kali lipat daripada tanaman kontrol. Kandungan Cd tanah menurun jika diinokulasi bakteri meskipun tidak nyata secara statistik.

Serapan Cd tanaman berkisar antara 0,9-4,9 $\mu\text{g}/\text{tanaman}$ dan bakteri dapat meningkatkan,

menurunkan atau tidak mengubah serapan Cd tanaman, tergantung dari isolat dan dosisnya. Inokulasi bakteri mampu meningkatkan tinggi tanaman namun hanya isolat BKH1 dengan dosis 5 mL per pot yang meningkatkan bobot kering. Penelitian ini memberikan gambaran bahwa BKH1 dan BKH2 dapat dikembangkan sebagai PGPR maupun bioremediator untuk remediasi tailing tercemar logam berat Cd.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Balai Penelitian Lingkungan Pertanian yang menyediakan data mengenai kontaminan logam berat di tailing tambang timah Pulau Bangka, serta mendukung pendanaan untuk isolasi mikroba dari rizosfer beberapa tanaman di lahan tercemar logam berat di Pulau yang sama. Penelitian ini didanai oleh DIPA Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

Aly, M.M., H. El-Sayed, A. El-Sayed, S. D. Jastaniah. 2012. Synergistic Effect between *Azotobacter vinelandii* and *Streptomyces* sp. Isolated from saline

- soil on seed germination and growth of wheat plant. *Journal of American Science*. 8: 667-676.
- Chen, J.H., L. W. Lion, W.C. Ghiorse, and M. L. Shuler. 1995a. Mobilization of adsorbed cadmium and lead in aquifer material by bacterial extracellular polymers. *Water Res.* 29: 421-430
- Fitz, W.J, W.W. Wenzel, H. Zhang, J. Nurmi, K. Stipek, Z. Fischerova, P.Schweiger, G. Köllensperger, L.Q. Ma, and G.Stingeder. 2003. Rhizosphere characteristics of the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. and monitoring of phytoremoval efficiency. *Environ Sci Technol.* 37(21):5008-14.
- Ghani, A. 2010. Toxic Effects of Heavy Metals on Plant Growth and Metal Accumulation in Maize (*Zea mays* L.). *Iranian J.of Toxic.* 3(3):325-334
- Hindersah, R., A.M. Kalay, D.H. Arief. 2006. Lead and cadmium accumulation in roots and shoots of sweet corn following *Azotobacter* inoculation. *J. on Chem. And Toxic.* 5:7-12
- Hindersah, R. 2008. Transportasi kadmium dari tanah ke pupus tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) oleh eksopolisakarida *Azotobacter* sp. Disertasi. Pascasarjana Universitas Padjadjaran, Bandung
- Issazadeh , K., N. Jahanpour, F. Pourghorbanali, G. Raeisi and J. Faekhondeh. 2013. Heavy metals resistance by bacterial strains. *Annals of Biological Research*, 4 (2):60-63
- Kabata-Pendias A, dan H. Pendias. 2001. Trace elements in soils and plants, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, FL
- Kabata-Pendias, A., dan A.B. Mukherjee. 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.
- Marschner, P., D. Crowley and Z. Rengel. 2011. Rhizosphere interaction between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis – model and research methods. *Soil Biol. Biochem.*, 43 : 883 – 894
- Schwartz, C., J.L. Morel, S. Saumier, S.N. Whiting, and A.J.M. Baker. 1999. Root development of the Zinc-hyperaccumulator plant *Thlaspi caerulescens* as affected by metal origin, content and localization in soil. *Plant and Soil*. 208:103–115.
- Sessitsch, A., M. Kuffner, P. Kidd, J. Vangronsveld, W. W. Wenzel, K. Fallmann, and M. Puschenreiter. 2013. The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. *Soil Biol Biochem.* 2013 May; 60(100): 182–194.
- Suganda, H., D. Setyorini, H. Kusnadi, I. Saripin dan U. Kurnia. 2002. Evaluasi Pencemaran Limbah Industri Tekstil untuk Kelestarian Lahan Sawah. Dalam Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian. Balai Penelitian Tanah Bogor. Halaman 203 – 221.
- White, P.M., Wolf, D.C., Thoma, G.J. and C.M. Reynolds. 2006. Phytoremediation of alkylated polycyclic aromatic hydrocarbons in an oil-contaminated soil. *Water Air Soil Pollut.* 169:207-220.