

Pengaruh pemberian inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik dalam fitoremediasi tanaman rami (*Boehmeria nivea*) pada tanah yang dicemari limbah minyak bumi

Rara R. Risanti¹, Pujawati Suryatmana²

¹Program Pasca Sarjana Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran Jl. Raya Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia

²Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran Jl. Raya Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia

Correspondence:
rara.risanti@gmail.com

Abstract. *Phytoremediation in soil contaminated with petroleum hydrocarbon is a technology to remediate contaminant by using plant as nutrient availability facilitator for degrading microbial in the rhizosphere. Phytoremediation can be promoted by inoculant Azotobacter sp. for improving soil fertility, also produces bio surfactant. This research aimed to analyze the effect of inoculant Azotobacter sp. and organic materials in the form of cow manure interaction in phytoremediation of ramie plants on petroleum waste contaminated soil. This research was conducted at Soil Biology Laboratory and Green House of Faculty of Agriculture, Padjadjaran University from February 2019 to April 2019. This research method used factorial randomized block design was used three replications. The first factor was bacterial inoculant: (a₀) without inoculant and (a₁) inoculant Azotobacter sp. and the second factor was organic matter with different doses: (b₀) dose 0% and (b₁) dose 100%. The result showed that there was an interaction between Azotobacter sp. inoculant and without organic matter application could increase the dry weight of roots in ramie plants.*

Keywords: *Azotobacter, Boehmeria nivea, Petroleum Hydrocarbons, Phytoremediation*

Abstrak. Fitoremediasi dalam tanah yang terkontaminasi dengan petroleum hidrokarbon adalah teknologi untuk meremediasi kontaminan menggunakan tanaman sebagai fasilitator ketersediaan nutrisi untuk mendegradasi mikroba di perakaran. Fitoremediasi dapat ditingkatkan oleh inokulan *Azotobacter* sp. Untuk meningkatkan kesuburan tanah, juga menghasilkan biosurfaktan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh interaksi dari inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik berupa pupuk kandang sapi dalam fitoremediasi tanaman rami pada tanah yang dicemari limbah minyak bumi. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran dari bulan Februari 2019 sampai dengan April 2019. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola faktorial, faktor pertama adalah inokulan bakteri: (a₀) tanpa inokulan dan (a₁) inokulan *Azotobacter* sp. dan faktor kedua adalah bahan organik dengan dosis yang berbeda: (b₀) dosis 0% dan (b₁) dosis 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara inokulan bakteri *Azotobacter* sp. dan tanpa pemberian bahan organik dapat meningkatkan berat kering akar pada tanaman rami.

Kata-kata kunci: *Azotobacter, Boehmeria nivea, fitoremediasi, Petroleum Hydrocarbons*

PENDAHULUAN

Teknik pengelolaan lingkungan fitoremediasi adalah salah satu penanganan limbah dengan menggunakan tanaman sebagai akumulator untuk penyerapan kandungan tercemar dan dapat berasosiasi dengan mikroorganisme. Tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi dalam penelitian ini yaitu tanaman rami (*Boehmeria nivea*) karena mempunyai kemampuan penghasil serat yang tinggi serta serbagain akumulator pada lingkungan yang tercemar seperti limbah minyak bumi (Suherman *et al.* 2016, Pratiwi *et al.* 2018).

Bakteri *Azotobacter* sp. merupakan bakteri non simbiotik yang hidup di daerah sekitaran rhizosfer dan mampu mendegradasi limbah seperti logam berat pada tanah yang tercemar (Khotimah dan Zulaika 2014). Penggunaan inokulan *Azotobacter* mampu menurunkan konsentrasi hidrokarbon pada tanah yang tercemar limbah minyak bumi (Fauzi dan Suryatmana 2016). Penambahan inokulan bakteri *Azotobacter* pada proses fitoremediasi dapat membantu dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah terutama unsur nitrogen.

Penggunaan bahan organik pada lahan tercemar dapat membantu proses fitoremediasi yaitu ameliorasi tanah, sehingga bahan organik mampu memperbaiki kondisi tanah baik secara fisik, kimia, dan biologi (Widyati 2009). Kombinasi aplikasi dari inokulan *Azotobacter* dan bahan organik dalam mekanisme fitoremediasi diduga mampu dalam memenuhi ketersediaan nutrisi yang cukup bagi tanaman untuk tumbuh dan memproduksi eksudat akar yang baik. Eksudat akar yang dihasilkan oleh tanaman merupakan sumber nutrisi bagi mikroba tanah yang hidup dalam tanah, sehingga kondisi ini dapat meningkatkan degradasi hidrokarbon. Pemberian bakteri *Azotobacter* dapat menghasilkan biosurfaktan yang diperlukan untuk meningkatkan kelarutan limbah minyak bumi dalam air, sehingga mempercepat proses pemecahan rantai hidrokarbon oleh mikroba pendegradasi minyak bumi (Eckford *et al.* 2002).

Pada penelitian sebelumnya menurut Fauzi and Suryatmana (2016) gabungan inokulan *Azotobacter* sp. dosis 1% dan jamur petrofilik dosis 2% mampu meningkatkan laju degradasi hidrokarbon sebesar 0.22 ppm/hari. Kemudian pada penelitian Pratiwi *et al.* (2018) membuktikan bahwa dengan memberikan inokulan *Azotobacter* sp. dosis 2% dan jamur pelarut fosfat dosis 2% dapat meningkatkan jumlah klorofil sebesar 25.33 cci pada tanaman rami yang terkontaminasi oleh *crude oil*. Oleh karena itu, penggunaan teknologi fitoremediasi dengan memanfaatkan inokulan bakteri *Azotobacter* yang digabungkan dengan bahan organik pada tanah yang dicemari limbah minyak bumi perlu dikaji untuk mengetahui pengaruh antara faktor perlakuan terhadap efisiensi degradasi hidrokarbon, peningkatan total populasi bakteri *Azotobacter*, kemasaman tanah, volume akar dan berat kering akar tanaman rami.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan februari sampai bulan April 2019. Metode penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah inokulan bakteri: (a_0) tanpa inokulan dan (a_1) inokulan *Azotobacter* sp. dosis 4% dari jumlah beban limbah minyak bumi. Faktor kedua adalah bahan organik dengan dosis yang berbeda: (b_0) dosis 0% dan (b_1) dosis 100% dari 10 ton.ha⁻¹. Pengujian data analisis statistik dilakukan dengan menggunakan Uji jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tanaman rami yang digunakan yaitu varietas Lembang berasal dari Wonosobo, Jawa tengah diperbanyak dengan cara stek (rizome) selama 90 hari dan saat penanaman dipangkas pada ketinggian 50 cm secara merata pada setiap tanaman. Dosis inokulan *Azotobacter* sp. yang digunakan 4% dari beban limbah minyak bumi yang diaplikasikan yaitu sebesar 7% (378 gram) pada pot dengan volume tanah sebanyak 5 kg, diperoleh dosis inokulan *Azotobacter* sp. yaitu 15.12 ml untuk setiap pot.

Prosedur Percobaan

Analisis tanah awal pada tanah Inceptisols Jatiningor yang digunakan pada penelitian ini meliputi analisis fisika (tekstur tanah), biologi (populasi total bakteri *Azotobacter*), dan analisis kimia (pH H₂O, pH KCl, N total, C/N, P₂O₅, KTK, dan kejenuhan basa). Sampel tanah yang diambil dari beberapa titik kemudian dikompositkan, kedalaman pengambilan sampel 10 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah dibersihkan dari sisa-sisa tanaman, kemudian dikeringkan, dihaluskan lalu disaring menggunakan saringan ukuran 2 mm.

Bakteri *Azotobacter* sp. yang digunakan pada penelitian ini diisolasi dari tanah Inceptisol pada perakaran tanaman ubi cilembu. Selanjutnya bakteri *Azotobacter* sp. ditumbuhkan pada media cair ashbys selama satu minggu dengan jumlah populasi kepadatan 45×10^7 cfu.ml⁻¹ untuk diaplikasikan pada tanaman rami. Bahan organik yang digunakan berupa pupuk kandang sapi, dengan aplikasi dosis untuk tanaman rami yaitu 10 ton.ha⁻¹ yang diaplikasikan sebelum tanam, setelah itu diinkubasi selama 5 hari. Tanah yang sudah aplikasikan bahan organik kemudian dicampurkan dengan minyak limbah bumi sesuai dengan perlakuan, setelah itu dinkubasi selama satu hari. Selanjutnya aplikasi inokulan *Azotobacter* sesuai perlakuan dan dilanjutkan dengan penanaman rami. Pemberian pupuk anorganik urea, sp36 dan KCl diberikan seminggu setelah penanaman rami. Dosis yang digunakan yaitu ½ dari dosis anjuran untuk tanaman rami, aplikasi pertama diberikan ¼ dosis pada saat seminggu setelah tanam dan sisanya diberikan 2 minggu setelah tanam. Pengamatan yang diamati pada tanaman rami ini diantaranya efisiensi degradasi hidrokarbon menggunakan metode gravimetri, peningkatan populasi bakteri *Azotobacter* sp. menggunakan metode *Total Plate Count*, kemasaman tanah diukur menggunakan alat pH meter tanah, volume akar dihitung dengan cara merendam akar pada gelas ukur dan diamati peningkatan volume air saat perendaman akar dalam gelas ukur tersebut dan berat kering akar tanaman rami diukur dengan cara menghitung berat basah tanaman untuk berat awal dikurangi berat kering yang telah dikeringkan di oven selama 2 hari pada suhu 70°C .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi Degradasi Hidrokarbon pada Tanaman Rami

Berdasarkan pada Tabel 1. memperlihatkan bahwa faktor inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik tidak terdapat interaksi terhadap efisiensi degradasi hidrokarbon. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti mikroorganisme tanah, kemasaman tanah, dan C/N rasio dari bahan organik yang kurang mendukung untuk pertumbuhan tanaman rami dan biodegradasi hidrokarbon minyak bumi.

Tabel 1. Efisiensi degradasi hidrokarbon tanaman rami selama 70 hari setelah perlakuan akibat pemberian inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik

Faktor perlakuan	Efisiensi Degradasi Hidrokarbon (%)
Inokulan bakteri <i>Azotobacter</i> sp. (A)	
A ₀ : Kontrol	77.43
A ₁ : <i>Azotobacter</i> sp.	77.38
Bahan organik (B)	
B ₀ : dosis 0%	82.85
B ₁ : dosis 100%	71.95

Keterangan : Nilai rata- rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf menandakan faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%

Tanaman rami memiliki perakaran kuat serta berfungsi sebagai tempat menimbun cadangan energi untuk proses pertumbuhan tanaman tersebut (Subandi 2011). Kemampuan tanaman rami dapat hidup di lahan tercemar, salah satu penelitian yang diamati pada tanaman rami dapat hidup di tanah yang terkontaminasi seperti As, Cd, Pb dan Zn mampu tumbuh dan memiliki ketebalan kulit pohon rata-rata 10% dari diameter batang (Yang *et al.* 2010). Sistem perakaran yang kuat pada tanaman rami sehingga dapat hidup di lingkungan tanah yang terkonaminasi limbah minyak bumi.

Mikroorganisme dalam tanah biasanya berkoloni pada daerah sekitar perakaran karena akar mengeluarkan sekresi berupa eksudat akar. Akar tanaman dapat menghasilkan eksudat akar sebanyak 10-20% dari hasil fotosintesis tanaman (Salt *et al.* 1998), sehingga dapat menunjang pertumbuhan dan aktivitas metabolisme bakteri yang ada di perakaran tanaman.

Adapun penyebab lainnya C/N rasio dari bahan organik pupuk kandang sapi belum matang ketika diaplikasikan. Berdasarkan data analisis bahan organik menunjukkan bahwa jumlah C/N rasio berada di 33.76. Jumlah tersebut dikatakan belum matang untuk diaplikasikan pada tanaman, C/N rasio yang baik untuk tanaman yaitu dibawah 20 untuk pupuk kandang sapi (Hartatik dan Widowati 2013). Penggunaan aplikasi inokulan *Azotobacter* sp. dan bakteri indigenous yang melimpah di tanaman rami diduga berperan ganda dalam mematangkan bahan organik serta menyediakan unsur hara untuk tanaman.

Peningkatan Total Populasi *Azotobacter* sp. pada Tanaman Rami

Tabel 2. memperlihatkan faktor perlakuan inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik tidak ada interaksi terhadap peningkatan total populasi *Azotobacter* sp. pada waktu T0 dan T70. Pada awal pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan kontrol populasi bakteri *Azotobacter* sp. lebih tinggi dan populasi aplikasi tanpa bahan organik lebih tinggi saat pengamatan hari ke-70. Hal ini disebabkan oleh adanya bakteri pemfiksasi nitrogen indigenous yang dominan pada tanah yang dicemari limbah minyak bumi. Sejalan dengan pernyataan Fibach-Paldi *et al.* (2012) bahwa bakteri indigenous dapat mengkolonisasi disekitaran rizosfer tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman serta lebih adaptif terhadap lingkungan yang tercekam.

Tabel 2. Peningkatan populasi bakteri *Azotobacter* sp. pada tanaman rami akibat pemberian inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik

Faktor perlakuan	Populasi <i>Azotobacter</i> sp. (cfu.ml ⁻¹)	
	T0 (10 ⁻⁴)	T70 (10 ⁻⁷)
Inokulan bakteri <i>Azotobacter</i> sp. (A)		
a ₀ : Kontrol	5.90	8.65
a ₁ : <i>Azotobacter</i> sp.	5.53	8.68
Bahan organik (B)		
b ₀ : 0%	5.56	8.67
b ₁ : 100%	5.88	8.66

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf menandakan faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%

Ketersediaan sumber karbon yang terbatas untuk bakteri *Azotobacter* karena adanya kompetisi. Mikroba-mikroba yang ada dalam tanah maupun di sekitaran rizosfer berkompetisi dalam memperoleh sumber nutrisi untuk aktivitas metabolismenya (Franchi *et al.* 2017). Sumber karbon yang terbatas mengakibatkan pembentukan biomassa sel bakteri menjadi terhambat, karena sumber karbon yang dibutuhkan sebanyak 50% untuk pembentukan sel (Nugroho 2006).

Kemasaman Tanah pada Tanaman Rami

Pada Tabel 3. menunjukkan bahwa faktor perlakuan inokulan bakteri *Azotobacter* sp. dan bahan organik tidak ada interaksi terhadap kemasaman tanah pada tanaman rami. Hal ini disebabkan oleh faktor dekomposisi bahan organik yang ada di dalam tanah. Bahan organik yang diaplikasikan pada tanah memiliki rasio C/N cukup tinggi yaitu sebesar 33.76, hal tersebut berpengaruh terhadap dekomposisi bahan organik dalam tanah.

Kecepatan dekomposisi bahan organik dipengaruhi dari nilai C/N rasio, semakin tinggi nilainya maka akan sulit untuk didekomposisi (Supadma dan Arthagama 2008). Dekomposisi pertama saat bahan organik diaplikasikan ke dalam tanah yaitu pematangan bahan organik dibantu oleh mikroorganisme didalamnya dan menghasilkan dari proses tersebut berupa ion H⁺. Selanjutnya dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme menghasilkan berupa unsur-unsur yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman serta unsur berupa ion H⁺ yang menyebabkan kadar kemasaman meningkat (Winarni *et al.* 2015). Akumulasi jumlah ion H⁺ dalam tanah dari proses dekomposisi

tersebut mempengaruhi tingkat kemasaman pada tanaman rami, sehingga rata-rata nilai kemasaman berada di angka 5.

Tabel 3. Kemasaman tanah pada tanaman rami akibat pemberian inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik

Faktor perlakuan	Kemasaman Tanah
Inokulan bakteri <i>Azotobacter</i> sp. (A)	
a ₀ : Kontrol	5.36
a ₁ : <i>Azotobacter</i> sp.	5.50
Bahan organik (B)	
b ₀ : dosis 0%	5.53
b ₁ : dosis 100%	5.30

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf menandakan faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%

Volume Akar pada Tanaman Rami

Berdasarkan Tabel 4. faktor perlakuan inokulan bakteri *Azotobacter* sp. dan bahan organik tidak ada interaksi terhadap volume akar pada tanaman rami. Namun pada perlakuan mandiri inokulan *Azotobacter* sp. memperlihatkan volume akar lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan bakteri *Azotobacter* sp. dapat berasosiasi dengan akar tumbuhan (Puspitasari *et al.* 2012).

Tabel 4. Volume akar pada tanaman rami akibat pemberian inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik

Faktor Perlakuan	Volume Akar (ml)
Inokulan bakteri <i>Azotobacter</i> sp. (A)	
a ₀ : Kontrol	62.33
a ₁ : <i>Azotobacter</i> sp.	83.16
Bahan organik (B)	
b ₀ : dosis 0%	74.33
b ₁ : dosis 100%	71.16

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf menandakan faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%

Peningkatan jumlah volume akar pada tanaman rami adalah salah satu hasil pertumbuhan tanaman yang kompetitif dalam pemanfaatan hasil asimilasi (Gardener *et al.* 1991) dalam (Setiawati *et al.* 2014). Ketersediaan unsur hara nitrogen yang cukup pada tanah dapat meningkatkan volume akar tanaman rami akibat pemberian pupuk anorganik serta ditunjang dengan inokulan bakteri *Azotobacter* sp. sebagai penambat nitrogen (Danapriatna dan Simarmata 2011).

Berat Kering Akar pada Tanaman Rami

Interaksi antara inokulan bakteri *Azotobacter* sp. dan bahan organik berpengaruh nyata terhadap berat kering akar tanaman rami. Jumlah berat kering akar yang paling tinggi terdapat pada perlakuan a₁b₀ (inokulan bakteri *Azotobacter* sp. + bahan organik 0%) dan a₀b₁ (tanpa inokulan bakteri *Azotobacter* sp. + bahan organik 100%) masing masing sebesar 71,02 gram dan 69.73 gram. Nilai jumlah berat kering akar yang tinggi pada perlakuan a₁b₀ (inokulan bakteri *Azotobacter* sp. + bahan organik 0%) disebabkan oleh adanya senyawa biosurfaktan yang dihasilkan *Azotobacter* sp.

Tabel 5. Pengaruh Inokulan *Azotobacter* sp. dan Bahan Organik terhadap Berat Kering Akar Tanaman Rami (gram)

Faktor perlakuan Bahan organik (b)	Inokulan Bakteri <i>Azotobacter</i> sp. (A)	
	a ₀ (kontrol)	a ₁ (<i>Azotobacter</i> sp.)
b ₀ (dosis 0%)	35.89 ^a A	71.02 ^b A
b ₁ (dosis 100%)	69.73 ^a	46.79 ^a

B

A

Biosurfaktan dapat mengubah tegangan permukaan antara air dan minyak bumi menjadi menurun, sehingga kondisi ini menyebabkan terbentuknya minyak dan air (Suryatmana 2006). Biosurfaktan menyebabkan sel mikroba lebih mudah dalam menggunakan substrat hidrokarbon karena sel bakteri menjadi lebih hidrofobik (Helmy *et al.* 2008). Penggunaan sustrat karbon sebagai sumber energi memudahkan bakteri *Azotobacter* sp. untuk melakukan fiksasi nitrogen dari atmosfer. Ketersediaan nitrogen yang cukup pada perlakuan a₁b₀ (inokulan bakteri *Azotobacter* sp. + bahan organik 0%) dapat meningkatkan berat kering akar tanaman rami karena nitrogen merupakan unsur hara yang berperan penting dalam pembentukan akar (Danapriatna dan Simarmata 2011).

Perlakuan a₀b₁ (tanpa inokulan bakteri *Azotobacter* sp. + bahan organik 100%) memiliki nilai yang tinggi pada berat kering akar tanaman rami disebabkan oleh aktivitas bakteri *Azotobacter* indigenus dalam meningkatkan unsur hara nitrogen tersedia bagi tanaman rami. Bakteri indigenus *Azotobacter* yang mengkolonisasi di bagian perakaran tanaman mampu memfiksasi nitrogen untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman (Fibach-Paldi *et al.* 2012). Kebutuhan unsur hara nitrogen ditunjang juga dengan pemberian pupuk anorganik pada tanaman rami, sehingga pertumbuhan tanaman terutama bagian akar dapat meningkat.

SIMPULAN

Faktor inokulan *Azotobacter* sp. dan dosis bahan organik tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi terhadap parameter efisiensi degradasi hidrokarbon, peningkatan total populasi *Azotobacter* sp., kemasaman tanah, dan volume akar tanaman rami. Interaksi inokulan bakteri *Azotobacter* sp. dengan dosis bahan organik memberikan hasil terbaik terhadap berat kering akar tanaman rami. Perlakuan a₁b₀ (inokulan *Azotobacter* sp. + tanpa bahan organik) memperlihatkan nilai tertinggi pada parameter berat kering tanaman. Bahan organik tidak berpengaruh diakibatkan pupuk kandang sapi yang belum matang dicirikan dengan C/N rasio yang masih tinggi, sehingga perlakuan kombinasi inokulan *Azotobacter* sp. dan bahan organik kurang optimum pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Danapriatna N, T Simarmata. 2011. Viabilitas pupuk hayati penambat nitrogen (*Azotobacter* dan *Azospirillum*) ekosistem padi sawah pada berbagai formulasi bahan pembawa. *J. Agribisnis dan Pengemb. Wil.* 3(1): 1–10.
- Eckford R, FD Cook, D Saul, J Aislabie, R Eckford, FD Cook, D Saul, J Aislabie, J Foght. 2002. Free-Living Heterotrophic Nitrogen-Fixing Bacteria Isolated from Fuel-Contaminated Antarctic Soils. *Am. Soc. Microbiology* 68(10): 5181–5185.
- Fauzi M, P Suryatmana. 2016. Bioremediation of crude oil waste contaminated soil using petrophilic consortium and *Azotobacter* sp. *J. Degrad. Min. Lands Manag.* 3(January): 521–526.
- Fibach-Paldi S, S Burdman, Y Okon. 2012. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiol. Lett.* 326(2): 99–108.
- Franchi E, E Rolli, R Marasco, G Agazzi, S Borin, P Cosmina, F Pedron, I Rosellini, M Barbaferi, G Petruzzelli. 2017. Phytoremediation of a multi contaminated soil: mercury and arsenic phytoextraction assisted by mobilizing agent and plant growth promoting bacteria. *J. Soils Sediments* 17(5): 1224–1236 Available at <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-015-1346-5>.
- Hartatik W, LR Widowati. 2013. Pupuk Kandang. Bogor.
- Helmy Q, P Suryatmana, E Kardena, N Funamizu. 2008. Biosurfactants Production from *Azotobacter* sp. and its Application in Biodegradation of Petroleum Hydrocarbon. *J. Appl. Ind. Biotechnol. Trop. Reg.* 1: 1–5.
- Khotimah K, E Zulaika. 2014. *Azotobacter* sebagai Bioakumulator Merkuri. *J. Sains Pomis* 3(2): 7–9.
- Nugroho A. 2006. Biodegradasi Sludge Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos : Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. *MAKARA, TEKNOLOGI* 10(2): 82–89.
- Pratiwi GA, D Herdiyantoro, P Suryatmana. 2018. Pengaruh Pupuk Hayati dan Dosis *Azotobacter* Sp. dalam Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Rami (*Boehmeria nivea* L. Gaud) pada Tanah Tercemar Hidrokarbon Minyak Bumi. *J. Teknol. Pertan. Andalas* 22: 13–21.
- Puspitasari FD, M Shovitri, ND Kuswitasari. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *J. SAINS DAN SENI ITS* 1(1): 3–6.
- Salt DE, RD Smith, I Raskin. 1998. Phytoremediation. *Annu. Rev. Plants Physiol.* 49: 644–661.
- Setiawati MR, R Wulansari, E Pranoto. 2014. Perbandingan Efektivitas Pupuk Hayati Konsorsium dan Pupuk Hayati Endofitik terhadap Produktivitas dan Kesehatan Tanaman Teh Menghasilkan Klon GMB 7. *J. Penelit.*

- Teh dan Kina* 17(2): 71–82 Available at <https://tcjournal.com/index.php/tcrj/article/download/48/29>.
- Subandi M. 2011. *Budidaya Tanaman Perbenunan (Bagian Tanaman Rami)* (M Subandi, Ed.). Gunung Djati Press, Bandung.
- Suherman C, A Nuraini, R Damayanthi. 2016. Pengaruh konsentrasi giberelin dan pupuk organik cair asal rami terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman rami (*Boehmeria nivea* L. (Gaud)) klon Ramindo 1. *J. Kultiv.* 15(3): 164–171.
- Supadma AN, DM Arthagama. 2008. Uji Formulasi Kualitas Pupuk Kompos yang Bersumber dari Sampah Organik dengan Penambahan Limbah Ternak Ayam, Sapi, Babi, dan tanaman Pahitan. *J. Bumi Lestari* 8(2): 113–121.
- Suryatmana P. 2006. Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi dengan Penambahan *Azotobacter chroococcum* AC04 sebagai Bakteri Penghasil Biosurfaktan Suryatmana, P. 2006 [Disertasi]. Bandung : Institut Teknologi Bandung. Disertasi Bandung (Institut Teknologi Bandung): 2006.
- Widyati E. 2009. Pemanfaatan Sludge Industri Pulp dan Kertas Sebagai Amelioran Tanah untuk Memacu Rehabilitasi Lahan. *J. Selulosa* 44(1): 41–48.
- Winarni M, P Yudono, D Indradewa. 2015. Karakterisasi Pola Mineralisasi N Pupuk Organik Pada Tanah Sawah Organik. *J. Agri-Tek* 16: 93–103.
- Yang B, M Zhou, WS Shu, CY Lan, ZH Ye, RL Qiu, YC Jie, GX Cui, MH Wong. 2010. Constitutional tolerance to heavy metals of a fiber crop, ramie (*Boehmeria nivea*), and its potential usage. *Environ. Pollut.* 158: 551–558.