

Pengaruh Pupuk Hayati Terhadap Akumulasi Timbal dari Kompos Sampah Kota dalam Jaringan Tanaman Padi

(Biological Fertilizer Influence On The Accumulation Of Lead From Municipal Solid Waste Compost In Rice Plant Tissue)

Sudaryono dan Joko Prayitno Susanto

Peneliti Utama pada Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340
Email : daryono19@yahoo.com

Diterima : 18 September 20 20145

Revisi : 30 Oktober 2014

Disetujui : 2 Nopember 2014

ABSTRAK

Sebagai tanaman komersial, padi memerlukan pemupukan terutama pupuk organik. Pemanfaatan pupuk kompos dari sampah kota sering mengandung logam berat, seperti Pb, Cu, Zn, dll. Pupuk kompos TPA Leuwigajah memiliki kandungan timbal yang tinggi yaitu 215,68 ppm. Pb pada kompos dapat diserap oleh akar padi dan ditranslokasikan ke jaringan lain termasuk gabah. Pemberian pupuk hayati diharapkan mampu mengurangi akumulasi logam Pb pada jaringan tanaman padi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi pupuk hayati Biocon-NP dan inokulasi bakteri dalam menghambat akumulasi Pb di jaringan padi yang dipupuk dengan kompos sampah kota serta pengaruhnya terhadap produksi padi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 7 perlakuan kombinasi antara pemberian pupuk hayati BIOCON-NP, isolat bakteri 11, dan isolat bakteri 39, dan 1 perlakuan kontrol. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan Biocon NP menghasilkan gabah kering panen paling tinggi yaitu 36,41 Kwt/ha, sedang produksi terendah adalah perlakuan Kontrol yaitu 26,38 Kwt/ha. Pb tidak ditemukan pada jaringan tanaman padi yang diberi perlakuan Biocon-NP. Dengan demikian pemberian pupuk hayati Biocon NP sangat dianjurkan sebagai inokulum karena mampu menghambat akumulasi Pb dalam jaringan tanaman dari pupuk kompos sampah kota yang tercemar Pb, sekaligus dapat meningkatkan produksi padi.

Kata kunci: pupuk hayati, logam timbal, kompos, kualitas, produksi padi

ABSTRACT

As a cash crop, rice requires fertilizers, particularly organic fertilizer for its optimum growth. Compost fertilizer from urban waste often contains heavy metals such as Pb, Cu, Zn, etc. For example, compost fertilizer from Leuwigajah Landfill contains high concentration of lead (Pb), i.e. 215.68 ppm. It is expected that the application of biofertilizer prevents Pb accumulation in rice tissues. This study investigates the potential of biofertilizer Biocon-NP and bacterial inoculations, to block Pb accumulation in rice plants fertilized with urban compost. A Randomized Complete Design with seven combination treatments of Biocon-NP, bacterial isolate 11 and bacterial isolate 39 is used. Control treatment is urban compost alone without Biocon-NP and bacterial inoculation. The results show that application of Biocon NP produces the highest dry grain yield, i.e. 36.41 quintal/ha. Control treatment gives the lowest yield of 26.38 quintal/ha. Pb is not detected in rice tissues of Biocon-NP treatments. These results show the potential of biofertilizer Biocon-NP in blocking Pb accumulation in plant tissues from landfill compost or Pb-polluted soil.

Keywords: biological fertilizers, metals lead, compost, quality, productivity rice

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan bahan pangan terutama beras akan terus meningkat sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan konsumsi beras perkapita. Di

lain pihak upaya peningkatan produksi beras mengalami hambatan oleh berbagai kendala, seperti konversi lahan sawah subur menjadi peruntukan non pertanian masih terus berjalan, penyimpangan iklim (anomali iklim), gejala kelelahan teknologi (*technology fatigue*),

penurunan kualitas sumberdaya lahan (*soil sickness*) dan faktor-faktor lain yang berdampak terhadap penurunan produksi.

Optimasi produktivitas padi di lahan sawah merupakan salah satu peluang peningkatan produksi gabah. Hal ini sangat dimungkinkan bila dikaitkan dengan hasil padi pada agro-ekosistem ini masih beragam antar lokasi dan belum optimal. Hasil rerata panen padi 4,7 ton/ha, sedangkan potensinya semestinya dapat mencapai 6 – 7 ton/ha. Belum optimalnya produktivitas padi di lahan sawah, antara lain disebabkan karena; (i) rendahnya efisiensi pemupukan; (ii) belum efektifnya pengendalian hama penyakit tanaman; (iii) penggunaan benih kurang bermutu dan varietas yang dipilih kurang adaptif; (iv) kahat hara K dan unsur mikro; (v) sifat fisik tanah tidak optimal; dan (vi) pengendalian gulma kurang optimal (Manurung dan Ismunaji, 1988).

Sebagai tanaman komersial, tanaman padi memerlukan pemupukan yang tepat waktu dan tepat dosis. Sejalan dengan tingginya harga pupuk buatan maka perlu dipikirkan pemanfaatan pupuk organik yang dapat dibuat dari sisa-sisa tumbuhan atau kotoran ternak. Walaupun diakui bahwa pupuk organik yang berasal dari sampah kota sering bermasalah, karena mengandung logam berat, seperti Cu, Zn, Mg, Mo, Bo dan Pb. Logam berat dalam jumlah besar dapat bersifat *toxic* (racun) bagi tanaman dan siapa saja yang menkonsumsinya, baik manusia maupun hewan (ternak).

Pemakaian pupuk kompos sangat dianjurkan karena dapat memperbaiki kualitas tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi tanah. Secara fisik, kompos bisa menggemburkan tanah, memperbaiki aerasi dan drainasi tanah, meningkatkan ikatan antar partikel dan kapasitas mengikat air, mengurangi tercucinya nitrogen terlarut, serta memperbaiki daya olah tanah. Secara kimia, kompos dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), ketersediaan unsur hara, dan ketersediaan asam humat dan asam fulvat.

Sebenarnya, istilah logam berat hanya ditujukan kepada logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 grm/cm³. Namun, pada kenyataannya, unsur-unsur metalloid yang mempunyai sifat berbahaya juga dimasukkan ke

dalam kelompok tersebut. Dengan demikian, yang termasuk ke dalam kriteria logam berat saat ini mencapai lebih kurang 40 jenis unsur. Beberapa contoh logam berat yang beracun bagi manusia adalah: arsen (As), cadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan seng (Zn).

Logam timbal (Pb) merupakan logam yang sangat populer dan banyak dikenal oleh masyarakat awam. Logam Pb adalah sejenis logam yang lunak dan berwarna coklat kehitaman, dan mudah dimurnikan dari pertambangan. Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfide logam (PbS), yang sering disebut galena. Bahaya yang ditimbulkan oleh penggunaan Pb ini adalah sering menyebabkan keracunan.

Logam Timbal (Pb) mempunyai sifat bertitik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah karat. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus dan mempunyai kepadatan melebihi logam murninya (Ariesta, 2004).

Logam Pb banyak digunakan pada industri baterai, kabel, cat, penyepuhan, pestisida, dan banyak digunakan sebagai zat anti letup pada bensin. Pb juga digunakan sebagai zat menyusun patri atau solder dan sebagai formulasi penyambung pipa yang mengakibatkan air untuk rumah tangga mengandung banyak kemungkinan kontak dengan Pb. Logam Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, makanan dan minuman. Logam Pb tidak dibutuhkan oleh manusia, sehingga bila makanan tercemar logam tersebut, tubuh akan mengeluarkannya sebagian. Sisanya akan terakumulasi pada bagian tubuh tertentu seperti ginjal, hati, kuku, rambut, dan jaringan lemak. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya adalah karena sifatnya yang tidak dapat dihancurkan (*nondegradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan. Akibatnya, logam tersebut akan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara *adsorbs* dan kombinasi.

Pemulihan kerusakan lahan akibat tercemar

logam berat akan memerlukan waktu yang sangat lama, namun dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, maka pemulihan kerusakan lahan pertanian dapat dipercepat yaitu melalui masukan bakteri atau bioremediasi ke dalam tanah yang tercemar (Ariyanti, 2006).

Bioremediasi merupakan salah satu teknologi inovatif untuk mengolah kontaminan, yaitu dengan memanfaatkan mikroba, tanaman, enzim tanaman atau enzim mikroba (Aliyanto, dkk., 2011).

Beberapa penelitian fitoekstraksi melaporkan bahwa remediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan tanaman lebih menjanjikan untuk digunakan mengatasi pencemaran lingkungan oleh logam berat karena selain ramah lingkungan, cara fitoekstraksi juga efisien untuk perlakuan *in situ* (Priyambada, 2006).

Keracunan logam berat Pb menyebabkan gangguan terhadap kecerdasan pada anak-anak, akumulasi pada tulang, anemia, darah, jaringan lunak (ginjal, sumsum tulang, liver dan otak), syaraf perifer dan sentral, metabolisme vitamin D dan calcium (sebagai unsur penting pembentukan tulang), apabila sampai menembus ke plasenta maka pertumbuhan janin akan terganggu, dapat keluar bersama ASI, syaraf, ginjal, reproduksi, endokrin dan jantung (Linder, 1992 dalam Hening Widowati, 2011).

Sampah kota sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk kompos, namun kompos berbahan dasar sampah kota tidak luput dari logam-logam rumah tangga yang mengandung logam berat yang terkadang melampaui ambang batas yang diizinkan, seperti timbal (Pb), seng (Zn), kromium (Cr), tembaga (Cu) dan sebagainya. Sampah domestik yang ada belum tentu bebas dari unsur-unsur logam berat karena belum diberlakukannya sistem pemilihan sampah dalam pengelolaannya. Oleh karena itu perlu dicurigai bahwa tanaman yang ditanam pada lahan bekas TPA telah terkontaminasi oleh logam berat yang bersifat toksik bagi manusia jika melebihi batas kritisnya (Ariesta, 2004), terlebih lagi jika penggunaan kompos ini diberikan sebagai pupuk dasar pada budidaya padi sawah yang merupakan komoditas pangan pokok masyarakat.

Sebagai sumber makanan pokok utama, beras sangat diperlukan oleh banyak kalangan dari masyarakat hingga kaum elite. Indonesia adalah salah satu produsen dan konsumen penting beras dunia, sekitar 70 persen dari 25,4 juta rumah tangga petani adalah petani beras. Pangan yang baik tidak hanya tercukupi dari segi jumlah tetapi aman dari segi kandungan unsur yang dikonsumsi oleh masyarakat itu sendiri. Pada budidaya tanaman padi, pupuk merupakan salah satu faktor penting penentu keberhasilan. Penggunaan kompos sampah kota dengan kandungan logam berat yang melebihi batas yang diizinkan sebagai pupuk dasar pada padi sawah sangat berbahaya. Hal ini dikarenakan kandungan logam berat yang diduga akan terserap ke jaringan tanaman, khususnya gabah.

Logam berat dalam kandungan melebihi ambang batas akan bersifat toxic (racun) bagi tanaman. Selain itu, akumulasi logam berat dalam tubuh manusia akan membahayakan kesehatan manusia sebagai konsumen. Salah satu teknologi untuk menahan logam berat yang masuk ke jaringan tanaman adalah dengan memberikan bakteri fitostabilisasi. Menurut Priyambada, (2006) mikroba tanah dapat menghasilkan pengkelat yang kemungkinannya berfungsi pada mekanisme penyediaan dan penyerapan logam untuk tanaman. Sedangkan Notohadiprawiro (1995) menyatakan bahwa penyerapan logam berat oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: tanah dan biologi tanaman (jenis, fase pertumbuhan dan fase perkembangan tanaman).

Beberapa pupuk hayati yang digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, merupakan formulasi beberapa bakteri yang memiliki fungsi tertentu terhadap tanaman. Penambat N di udara oleh mikrobia dapat membantu ketersediaan unsur N bagi tanaman dan dapat mengefisienkan penggunaan pupuk N yang berasal dari pupuk organik. *Azotobacter* sp. merupakan salah satu mikrobia yang dapat menambat N atmosfer baik sebagai organisme yang hidup bebas atau berasosiasi dengan akar tanaman (Priyambada, 2006). *Pseudomonas* sp. merupakan mikrobia tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan P tidak tersedia

menjadi tersedia. Hal ini karena bakteri tersebut mengeluarkan asam-asam organik yang dapat membentuk komponen stabil dengan kation-kation mengikat P di dalam tanah.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemberian inokulum/bakteri fotostabilisasi terhadap : (i) pertumbuhan dan produksi tanaman padi sawah; dan (ii) mengetahui kualitas dan produksi padi sebagai akibat dari penggunaan kompos TPA.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Dukuh Beloran, Desa Madurejo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, DI. Yogyakarta, pada bulan Agustus sampai Nopember 2008. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : padi varietas Pepe, 3 (tiga) bakteri, yaitu : pupuk hayati *Biocon NP* yang mengandung inokulum bakteri *Azotobacter* dan *Pseudomonas*, *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 11 dan bakteri *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 39 dari Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian, UGM, pupuk anorganik (Urea, SP 36 dan KCl) dan kompos sampah kota TPA Leuwigajah, Bandung Barat, Jawa Barat.

Adapun alat yang digunakan untuk penelitian ini antara lain: penggaris, oven, timbangan ACIS AW-75, *leaf area meter* Delta T Devices 380495, *Spektronik 21D*.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan terdiri dari 7 perlakuan kombinasi penambahan bakteri dan 1 perlakuan sebagai kontrol (tanpa diberi bakteri). Masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan. Metode pengambilan sampel secara random (acak).

Dosis kompos mengacu pada hasil penelitian terdahulu yang paling optimal (10 ton/ha) sehingga tidak perlu dijadikan perlakuan, sedangkan bakteri yang akan digunakan dalam perlakuan adalah pupuk hayati BIOCON-NP, Isolat 11, dan Isolat 39 yang akan divariasikan sebagai berikut :

Gambar 1 tersebut di atas adalah merupakan plot percobaan yang dibuat dengan arah timur – barat, terdiri dari 2 blok sebagai ulangan. Pada masing-masing blok terdapat 8 perlakuan yang merupakan cerminan dari kombinasi percobaan, seperti yang tertera pada Tabel 1 di bawah. Setiap blok panjangnya 40 meter dan lebar 2 meter. Jadi ukuran setiap petak percobaan adalah 40 x 2 meter persegi. Pengacakan perlakuan seperti pada rencana rancangan penelitian yang telah dibuat.

Blok dibuat dengan arah timur – barat sepanjang 40 meter, setiap blok ada 8 perlakuan kombinasi sebagai ulangan. Lebar petak ulangan 2 meter. Jadi ukuran petak percobaan adalah 40 x 2 meter persegi. Pengacakan perlakuan seperti pada rencana rancangan penelitian yang telah dibuat.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Bakteri dan Dosis Inokulasi

No	Perlakuan	Dosis Inokulasi
1.	I	Tanpa pemberian bakteri (kontrol) 0 gram/petak
2.	II	Pemberian Biocon NP (10 gram/petak)
3.	III	<i>Agrobacterium Tumefaciens</i> Isolat No.11 (10 gram/petak)
4.	IV	<i>Agrobacterium Tumefaciens</i> Isolat No.39 (10 gram/petak)
5.	V	Biocon NP (5 gram/petak) + <i>Agrobacterium Tumefaciens</i> Isolat No.11 (5 gram/petak)
6.	VI	Biocon NP (5 gram/petak) + <i>Agrobacterium Tumefaciens</i> Isolat No.39 (5 gram/petak)
7.	VII	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> Isolat No.11 (5 gram/petak) + <i>Agrobacterium Tumefaciens</i> Isolat No.39 (5 gram/petak)
8.	VIII	Inokulasi Biocon NP (3,33 gram/petak)+ <i>Agrobacterium Tumefaciens</i> Isolat No.11 (3,33 gram/petak)+ <i>Agrobacterium tumefaciens</i> Isolat No.39 (3,33 gram/petak)

Sebelum ditanam lahan terlebih dahulu diberi pupuk dasar yaitu sampah kota yang mengandung unsur logam berat Pb. Setelah dilakukan pembajakan taburkan kompos sampah kota dengan dosis yang telah direkomendasikan (dosis 10 ton/ha) dan diratakan. Kemudian siapkan 8 tempat untuk inokulasi bakteri pada akar tanaman padi. Setiap tempat/ember diisi air sebanyak 2 liter dan masukkan bakteri sesuai masing-masing perlakuan, kemudian aduk-aduk hingga homogen.

Masukkan tanaman padi untuk masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan pada masing-masing ember yang telah diisi air dan bakteri. Rendam minimal setengah jam agar terjadi proses inokulasi. Jarak tanam 18 cm x 18 cm (permintaan petani).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompos dari sampah TPA Leuwigajah, Bandung Barat yang digunakan sebagai sumber bahan organik secara kasat mata telah terdekomposisi sempurna, sehingga bentuknya hancur atau halus, berwarna coklat kehitam-hitaman dan berbau seperti tanah. Kondisi tersebut menggambarkan kematangan kompos. Walaupun demikian kompos tersebut perlu mendapatkan pembahasan yang lebih mendalam. Hasil analisis kimia kompos dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kualitas kompos TPA Leuwigajah memiliki keasaman (pH) netral, kadar C organik tinggi (12,59 persen), kadar N rendah (0,74 persen), berarti kompos sampah TPA memiliki nisbah C/N = 17,01 berada dalam batas maksimum yang disyaratkan, berdasarkan standar SNI 19-7030-2004), yaitu 10 – 20.

Karbon diperlukan oleh mikroba sebagai sumber energi dalam proses untuk mendekomposisi bahan organik. Sedangkan Nitrogen dibutuhkan mikroba sebagai sumber makanan untuk pembentukan sel-sel tubuhnya. Kedua unsur tersebut dibutuhkan dalam jumlah besar dalam komposisi keseimbangan yang tertentu. Untuk proses pengomposan yang baik, sarat rasio C/N bahan baku adalah 30. (Wahyono, dkk., 2012).

Kandungan hara makronya relatif tinggi, kandungan hara N dan K tersedia pada kompos > 0,2 persen sedangkan hara P tersedia tinggi, kandungan seng (Zn) rendah dan timbal (Pb) sangat tinggi, jauh berada di atas batas maksimum yang diperbolehkan.

3.1. Tinggi Tanaman

Dalam penelitian ini, untuk membersihkan logam berat yang terdapat pada pupuk kompos TPA dan mengisolasi bakteri dalam zona perakaran digunakan kombinasi metode *fitoremediasi* (tanaman padi) dan *fitostabilisasi*

Tabel 2. Analisis Kompos dari TPA Leuwigajah, Bandung Barat

No	Parameter	Satuan	TPA Leuwigajah	Nilai	
				SNI 19-7030-2004	
				Minim	Maks
1	pH	-	7,000	6,80	7,49
2	C	(%)	12,590	9,80	32
3	N total	(%)	0,740	0,40	-
4	C/N	-	17,010	10,00	20
5	P tersedia	(ppm)	1,670	0,10	-
6	K tersedia	(me %)	0,230	0,20	*
7	Kadar Air	%	9,820	-	50
8	Bahan Organik	%	21,710	27,00	58
9	Seng (Zn)	(ppm)	57,475	*	500
10	Timbal (Pb)	(ppm)	215,68	*	150
11	Khrom (Cr)	(ppm)	18,7	*	210
12	Cadmium (Cd)	(ppm)	0,092	*	3
13	Nikel (Ni)	(ppm)	0,67	*	62

Analisa dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pertanian, Fak Pertanian, UGM

Keterangan : * Nilainya tidak terdeteksi

Tabel 3. Tinggi Tanaman Padi pada Umur 11 (MST)

No.	Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (Cm)
1.	Kontrol (tanpa inokulasi)	73,69
2.	Biocon NP	72,33
3.	Isolat No. 11	74,16
4.	Isolat No. 39	71,61
5.	Biocon NP + Isolat No. 11	75,91
6.	Biocon NP + Isolat No. 39	74,71
7.	Isolat No. 11 + Isolat No. 39	70,44
8.	Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39	74,88

bantuan bakteri *Azotobacter* dan *Pseudomonas*, *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 11 dan bakteri *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 39. *Fitoremediasi* dimaksudkan untuk menurunkan mobilitas logam berat dengan cara penambahan bahan pembenah (pengkondisi tanah) berupa bahan organik yang dapat meningkatkan aras pengikatan logam oleh tanah, dengan pelepasan protein atau enzim oleh akar yang menyebabkan pengendapan atau imobilisasi logam baik pada permukaan akar atau dalam tanah (Notohadiprawiro, 2006).

Mengacu karakteristik hasil analisis laboratorium kandungan logam berat Pb cukup besar dibandingkan dengan logam lainnya, maka penelitian ini dititikberatkan pada akibat kadungan logam timbal (Pb).

Kandungan Pb pada jaringan tanaman padi perlu diketahui karena pada umumnya, malai, dan jerami padi dimanfaatkan petani sebagai sumber hijauan pakan ternak, dan padi (gabah) dimanfaatkan langsung untuk dikonsumsi sebagai makanan pokok. Dengan bantuan bakteri *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas* sp., *Agrobacterium Tumefaciens* diharapkan akan mampu mengurangi akumulasi logam Pb kedalam jaringan tanaman padi, karena bakteri *Pseudomonas*, sp merupakan bakteri anaerob yang memiliki ketahanan terhadap logam berat. Bakteri *Pseudomonas*, sp dengan pembentukan kompleks logam sehingga terjadi pengkelatan logam berat, demikian pula bakteri *Azotobacter*, sp. dapat memproduksi polimer yang mempunyai kemampuan dalam mengikat logam berat (jumlah kecil) (Charlena, 2004).

Dari Tabel 3 tersebut diatas, hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman pada umur tanaman 11 minggu setelah tanam (MST) tidak diketahui adanya perbedaan diantara perlakuan terhadap tinggi tanaman padi, baik yang diinokulasi dengan bakteri maupun yang tidak diberi bakteri (kontrol). Tapi secara rerata tinggi tanaman padi yang diberi bakteri Biocon NP + Isolat No. 11 mempunyai tinggi tanaman paling tinggi, yaitu 75,91 Cm, sedang perlakuan 3 (Isolat No. 39) adalah paling rendah tingginya yaitu 71,61 Cm.

3.2. Luas Daun

Banyak daun dan besarnya sudut yang dibentuk antara daun bendera dengan malai, tergantung kepada varietas padi yang ditanam, disamping karena pengaruh lingkungan tempat tumbuh. Daun merupakan organ tumbuh yang paling berpengaruh terhadap proses metabolisme tanaman. Selain kandungan klorofil daun, luas daun juga berpengaruh terhadap proses fotosintesis. Menurut Gardner, dkk., (1991) besarnya luas daun menggambarkan kemampuan penyerapan energi matahari. Nilai luas daun yang tinggi dengan indeks batas optimal tertentu akan meningkatkan laju fotosintesis, hasil asimilat juga akan meningkat, sehingga bobot kering meningkat pula. Dari Tabel 4 terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai luas daun pada umur 30 hari setelah tanam. Padi yang diinokulasi dengan bakteri *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 11 memiliki luas daun yang lebih lebar dibanding perlakuan lainnya. Proses metabolisme tanaman tertumpu pada proses fotosintesis yang berlangsung di dalam jaringan daun. Menurut Rahayu (1995) adanya unsur Pb yang terakumulasi di dalam

jaringan daun diperkirakan akan mengganggu perkembangan daun.

Pada Tabel 4 di bawah ini menunjukkan bahwa luas daun tanaman umur 30 hari setelah tanam tidak ada beda diantara kelompok perlakuan kombinasi dua jenis bakteri dengan kombinasi tiga jenis bakteri, dimana padi yang diinokulasi 3 jenis bakteri memiliki daun yang lebih luas (356,72 cm) dibandingkan dengan kombinasi dua jenis bakteri.

Dari hasil analisis diketahui bahwa dari ke tujuh perlakuan dengan satu kontrol, padi yang diinokulasi dengan bakteri Isolat 11 memiliki daun yang lebih luas (394,48 cm²) daripada kontrol dan perlakuan lainnya (Tabel 4).

Pertambahan luas daun pada tanaman disebabkan karena pengaruh interaksi dua faktor, yaitu meningkatnya jumlah anakan dan meningkatnya luasan tiap daun itu sendiri (Manarung dan Ismunadji, 1988). Pertumbuhan tanaman/luas daun sangat dipengaruhi oleh sifat genetik tanaman. Akan tetapi akibat dari

residu logam berat yang masuk ke dalam jaringan tanaman diindikasikan akan dapat meracuni klorofil sehingga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman/luas daun. Pemberian bakteri yang diharapkan dapat menghambat penyerapan logam berat tersebut, telah mampu meminimalkan gangguan pertumbuhan daun, sehingga pertumbuhan luas daun berjalan normal. Dari Tabel 4, diketahui bahwa perbedaan luas daun hanya terjadi pada umur tanaman 30 HST, tetapi pada umur 80 HST tidak terjadi perbedaan. Ukuran pertumbuhan vegetatif maksimal dilihat dari umur 80 HST, diketahui bahwa luas daun tanaman yang tidak diinokulasi bakteri tidak berbeda dengan daun tanaman yang diinokulasi bakteri.

Menurut Harjadi (2002), fase pertumbuhan vegetatif tanaman, sel tanaman aktif membelah untuk menghasilkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Terjadi perbedaan respon tanaman terhadap penyerapan hara pada umur 30 HST sehingga mengakibatkan luas daun yang berbeda. Tetapi perbedaan tersebut tidak

Tabel 4. Luas Daun Padi (Cm) Umur 30 HST

No	Perlakuan	Luas (Cm ²)	
		30 HST	80 HST
1.	Kontrol (tanpa inokulasi)	325,13	525,16
2.	Biocon NP	239,24	452,31
3.	Isolat No. 11	394,48	458,32
4.	Isolat No. 39	308,28	551,34
5.	Biocon NP + Isolat No. 11	273,99	425,14
6.	Biocon NP + Isolat No. 39	294,11	554,20
7.	Isolat No. 11 + Isolat No. 39	281,27	481,33
8.	Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39	356,72	641,18

Tabel 5. Jumlah Malai per Rumpun Padi

No	Perlakuan	Jumlah malai per rumpun
1.	Kontrol (tanpa inokulasi)	8,70
2.	Biocon NP	7,83
3.	Isolat No. 11	7,77
4.	Isolat No. 39	8,03
5.	Biocon NP + Isolat No. 11	9,30
6.	Biocon NP + Isolat No. 39	8,63
7.	Isolat No. 11 + Isolat No. 39	7,87
8.	Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39	9,33

berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman, karena pendewasaan pertumbuhan tanaman berada pada umur 80 HST. Pada umur tersebut, inokulasi bakteri penghambat logam berat memberikan pengaruh yang sama dengan kontrol.

3.3. Jumlah Malai

Panjang malai diukur dari buku terakhir sampai butir di ujung malai. Panjang malai ditentukan oleh sifat genetik (keturunan) dari varietas dan kondisi lingkungan. Panjang malai beraneka ragam, pendek (20 cm), sedang (20 - 30 cm) dan panjang (lebih dari 30 cm). Panjang malai suatu varietas demikian pula banyaknya cabang setiap malai dan jumlah butir tiap cabang, tergantung kepada varietas padi dan cara bercocok tanam serta kondisi lingkungan tempat tumbuh.

Dari hasil pengamatan terhadap jumlah malai per rumpun dapat dilihat pada Tabel 5, yaitu menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata antara kontrol dengan kelompok perlakuan maupun antar kelompok perlakuan itu sendiri. Jumlah malai per rumpun padi juga menggambarkan jumlah anakan produktif tanaman per rumpun hal ini mempunyai pengaruh terhadap produksi.

Meskipun tidak ada beda nyata antara perlakuan terhadap banyaknya malai pada setiap rumpun padi, namun secara rerata dapat dilihat bahwa perlakuan VII dengan pemberian bakteri Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39 mempunyai jumlah malai terbanyak, yaitu 9,33 malai per rumpun, kemudian diikuti perlakuan IV atau Biocon NP + Isolat No. 11 dengan jumlah malai 9,30 per rumpun. Sedang jumlah malai ter rendah adalah perlakuan II atau (Isolat No. 11). Semakin banyak malai pada setiap rumpun

padi diharapkan akan diperoleh produksi padi (gabah) lebih banyak.

3.4. Jerami Padi

Total luasan daun dari suatu tanaman yang terkena pencemaran akan mengalami penurunan, karena terhambat laju pembentukan dan perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur (Kozlowski, dkk., 1991 dalam Rangkuti, 2004). Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa terdapat logam Pb dalam jerami padi pada perlakuan VIII (Kontrol) dan perlakuan V dan VI atau pemberian bakteri Biocon + Isolat No. 39 dan Biocon + Isolat No. 39. Sedang pada perlakuan yang lain tidak diketemukan adanya kandungan Pb pada jerami padi.

Perbedaan nyata tampak pada kandungan logam berat dalam jerami. Padi yang diinokulasi dengan *Biocon NP* + bakteri *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 39 memiliki kandungan logam berat dalam jerami yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Namun secara keseluruhan kandungan logam berat Pb tersebut masih berada di bawah ambang batas kritisnya. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 6 pada jaringan padi masih terdapat residu Pb dalam jerami, memiliki luas daun yang lebih rendah dibanding dengan perlakuan inokulasi *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No. 11. Perbedaan nyata tampak pada kandungan logam berat dalam jerami padi (Tabel 6). Hasil pengamatan menunjukkan terdapat perbedaan nyata antara padi yang diinokulasikan bakteri dengan padi yang tidak diinokulasikan bakteri terhadap kandungan logam berat Pb dalam jerami padi. Kombinasi Biocon NP + *Agrobacterium tumefaciens* Isolat No.39 dan *Agrobacterium*

Tabel 6. Kandungan Logam Berat Pb pada Jerami

No	Perlakuan	Kandungan Pb (ppm) pada Jerami
1.	Kontrol (tanpa inokulasi)	3,17
2.	Biocon NP	0,00
3.	Isolat No. 11	0,00
4.	Isolat No. 39	0,00
5.	Biocon NP + Isolat No. 11	0,00
6.	Biocon NP + Isolat No. 39	7,89
7.	Isolat No. 11 + Isolat No. 39	3,91
8.	Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39	0,00

Tabel 7. Kandungan Logam Pb (ppm) pada Gabah Kering

No	Perlakuan	Kandungan Pb (ppm)
1.	Kontrol (tanpa inokulasi)	0,00
2.	Biocon NP	0,00
3.	Isolat No. 11	0,87
4.	Isolat No. 39	0,00
5.	Biocon NP + Isolat No. 11	0,00
6.	Biocon NP + Isolat No. 39	0,00
7.	Isolat No. 11 + Isolat No. 39	0,00
8.	Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39	0,00

tumefaciens Isolat No.11 + Isolat No. 39 kurang efektif dalam menahan penyerapan logam yang terkandung di dalam kompos sampah kota ke jerami padi. Bahkan dengan perlakuan kontrol sekalipun. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri Isolat 39 yang dikombinasikan dengan bakteri Biocon NP dan Isolat 11 secara bersama-sama memproduksi polimer yang justru tidak mampu menyerap logam berat Pb. Walaupun secara tunggal bakteri Isolat 39 dapat efektif menyerap logam berat tersebut.

Namun yang perlu diingat bahwa jerami sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sehingga residu logam berat yang terdapat dalam jerami apabila dimakan ternak, dapat menyebabkan gangguan metabolisme pada ternak dan manusia. Logam Pb tidak termasuk hara esensial bagi tanaman, karena sejauh ini belum diketahui manfaat hara Pb dalam metabolisme tanaman.

3.5. Gabah Kering

Asimilat yang terdapat pada organ vegetatif tanaman akan ditranslokasikan ke bagian generatifnya. Variabel pertumbuhan yang tidak berbeda nyata mengakibatkan variabel komponen hasil yang juga tidak berbeda nyata. Inokulasi bakteri penghambat logam berat memberikan pengaruh yang sama terhadap hasil padi (Tabel 7).

Dari Tabel 7 terlihat bahwa residu logam berat Pb dalam gabah juga terdapat pada perlakuan inokulasi *Agrobacterium tumefaciens* Isolat No. 11, namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kontrol dan padi yang diinokulasi dengan bakteri. Residu logam berat Pb dalam gabah pada perlakuan inokulasi

Agrobacterium tumefaciens Isolat No. 11 masih berada di bawah ambang batas kritis (Mengel dan Kirby, 1987 dalam Notohadiprawiro, T. 2006).

Residu logam berat Pb dalam gabah juga terdapat pada perlakuan inokulasi *Agrobacterium Tumefaciens* Isolat No.11, namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan dan kandungannya masih berada di bawah ambang batas kritis. Baku mutu unsur logam berat yang diperbolehkan dalam bahan makanan sebesar 2 ppm menurut FAO dan Ditjen POM Depkes dengan SK No. 03725/B/SK/VII/89 (Rangkuti, 2004). Gabah merupakan komponen hasil yang bersifat konsumtif, berdasarkan rerata kandungan Pb dalam gabah tersebut masih dapat dikatakan dalam baku mutu logam berat yang diperbolehkan. Namun demikian perlu diperhatikan apabila dikonsumsi dalam jumlah yang besar.

Dari Tabel 7, kandungan logam berat Pb tidak terlihat pada perlakuan kontrol dan perlakuan pemberian bakteri dari berbagai kombinasi sehingga padi/gabah yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi. Akan tetapi yang perlu diingat adalah keadaan jaringan tanaman secara keseluruhan, yaitu jaringan akar, batang, daun, dan buah dalam suatu rantai makan.

Menurut Darmono (1995) dalam Hening Widowati (2011) ada perbedaan akumulasi logam berat antar jenis sayuran (tanaman), karena masing-masing memiliki daya transpirasi, struktur morfologi daun, dan jenis akar yang berbeda. Posisi batang yang lebih dekat dengan akar memungkinkan akumulasi logam berat dan penurunan warna batang dan daun lebih besar.

Tabel 8. Gabah Kering Panen

No	Perlakuan	Gabah	Kering Panen (Kwt/Ha)
1.	Kontrol (tanpa inokulasi)		26,38
2.	Biocon NP		36,41
3.	Isolat No. 11		30,65
4.	Isolat No. 39		34,22
5.	Biocon NP + Isolat No. 11		34,39
6.	Biocon NP + Isolat No. 39		30,69
7.	Isolat No. 11 + Isolat No. 39		30,69
8.	Biocon NP + Isolat No. 11 + Isolat No. 39		30,65

Dari hasil pengamatan tidak terlihat adanya kandungan unsur logam berat Pb pada jerami padi dan gabah kering pada perlakuan pemberian bakteri secara tunggal (Biocon NP, Isolat No. 11, Isolat No. 39). Tapi sebaliknya pada perlakuan bersama (campuran dari beberapa bakteri) justru diketemukan adanya unsur logam berat Pb.

Menurut Sudaryono (2011) pemberian pupuk hayati yang mengandung bakteri *Pseudomonas*, dan *sp*, *Azotobacter*, *sp*. dapat mengurangi serapan logam berat Cu sampai dibawah ambang batas, yaitu 2.526 – 15,79 ppm, sedangkan kandungan Cu yang bersifat meracuni berkisar antar 20 – 100 ppm. Bakteri memang bersifat spesifik terhadap unsur yang dapat diserap, sehingga tiap bakteri mempunyai karakteristik terhadap unsur hara tertentu.

3.6. Gabah Kering Panen

Hasil pengamatan terhadap gabah kering panen (GKP) pada Tabel 8 menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata antara kontrol dengan kelompok perlakuan dan antar kelompok itu sendiri.

Namun secara rerata perlakuan II (Biocon NP) menghasilkan gabah kering panen yang paling tinggi yaitu 36,41 Kwt/Ha, kemudian diikuti perlakuan V (Biocon NP + Isolat No. 11) dengan produksi 34,39 Kwt/Ha, sedang produksi terendah adalah perlakuan I atau Kontrol 26,38 Kwt/Ha. Dari hasil analisis terhadap pertumbuhan, penyerapan kandungan logam berat Pb dan produksi gabah kering pada perlakuan II (pemberian Biocon NP) diperoleh produksi gabah paling tinggi dan tidak diketemukan kandungan Pb dalam jerami/

jaringan tanaman padi.

Dengan berkembangnya teknologi bio-remediasi, maka kita tidak perlu berkecil hati terhadap kerusakan lingkungan lahan akibat tercemar oleh logam berat, karena melalui bantuan jasad renik, lahan yang tercemar logam berat atau kompos yang mengandung logam berat dapat dimanfaatkan sebagai media budidaya tanaman komersial. Walau diakui bahwa bakteri bersifat spesifik terhadap unsur yang dapat diserap, karena setiap bakteri mempunyai karakteristik tersendiri terhadap unsur hara tertentu (Palar, 1994).

Dari hasil penelitian tersebut dapat dilaporkan bahwa perlakuan dengan memberikan pupuk hayati Biocon NP sangat dianjurkan sebagai inokulon yang dapat meredam keberadaan logam berat timbal (Pb) yang terdapat pada kompos sampah TPA atau terhadap tanah yang tercemar logam berat Pb.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Pertama, pemberian inokulum bakteri Biocon NP adalah merupakan perlakuan yang paling aman dilihat dari akumulasi residu logam berat Pb di dalam jaringan tanaman padi (jerami dan gabah) maupun pada bulir padi, sehingga aman untuk dikonsumsi walaupun dibudidayakan pada lahan tercemar logam Pb atau dipupuk dengan pupuk kompos yang mengandung logam berat Pb.

Kedua, pemberian inokulum bakteri Biocon NP mempunyai korelasi positif terhadap produksi padi kering panen paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya,

yaitu 36,41 kwt/ha. Pemberian inokulum juga dapat menjaga kualitas tanaman padi karena pada jaringan tanaman padi (jerami dan gabah) tidak diketemukan residu logam berat Pb.

4.2. Saran

Pertama, dari penelitian ini masih terdapat kekurangan yang harus diperbaiki demi kesempurnaan dari sebuah penelitian. Seperti misalnya penelitian ini belum melihat unsur logam berat Pb atau unsur logam lainnya yang tertinggal di dalam tanah. Banyak kemungkinan dapat terjadi akibat dari pemberian bakteri sehingga logam berat tidak terserap ke dalam jaringan tanaman tetapi terakumulasi pada zone perakaran. Hal ini berbahaya karena lahan yang semula subur dan bersih dari polutan logam berat justru menjadi tercemar akibat pemupukan dengan menggunakan pupuk kompos yang bermasalah.

Kedua, penelitian perlu ditindaklanjuti dengan penelitian yang lebih mendalam terhadap jaringan tanaman (akar, batang, daun dan buah), guna melihat pengaruh kadar logam berat pada fase pertumbuhan vegetatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliyanto, Barokah. La Ode Sumarlin, Ahmad Saeful Mujab (2011). Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Minyak Bumi. Valensi Vol 2 Nop. 3, November 2011. *E-Journal Syarif Hidayatullah State Islamic University*, Jakarta
- Ariesta, Aseani, (2004). *Evaluasi Kandungan Logam Berat dalam Tanaman pada Lahan Bekas Tempat Pembuangan Sampah Akhir* (contoh kasus ex-TPA Dago) <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php>. Diakses 10 Februari 2009.
- Ariyanti, Forita Dyah, (2006). Penanggulangan Pencemaran Lahan Sawah akibat Industri Tekstil di Kecamatan Keabakkramat, Kabupaten Karanganyar. *Prosiding sSeminar nNasional Balingtan*. Buku I.
- Charlena, (2004). *Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran*. Program Pasca sarjana /S3/ Institut Pertanian Bogor.
- Gardner, F., R. Pearce, dan R. Michell. (1991). *Physiology of cCrop Plants* (Fisiologi Budidaya, alih bahas S. Herawati). Universitas Indonesia, Jakarta.
- Harjadi, S.S. (2002). *Pengantar Agronomi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hening Widowati (2011). Pengaruh logam berat Cd, Pb terhadap perubahan warna batang dan daun sayuran. *El-Hayah* Vol. 1, No. 4. Maret 2011.
- Manurung, S.O., dan M. Ismunaji. (1988). *Morfologi dan Fisiologi Padi-pPadi*. Buku I. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Notohadiprawiro, T. (1995). Logam Berat dalam Pertanian. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Volume 7 No.2. 1995.
- Notohadiprawiro, T. (2006). Logam Berat Ddalam Tanaman. *Naskah Ceramah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan*. Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Reneka Cipta. Jakarta.
- Prijambada, (2006). Bioteknologi untuk Penanganan Limbah Logam Berat. *Makalah dalam Bioteknologi dan Kelestarian Lingkungan*. Universitas Sebelas Maret.
- Rahayu, Lies W.F. (1995). Analisis Jumlah Klorofil dan Kandungan Logam Berat Pb dalam Jaringan Daun akibat Pencemaran Lalu Lintas. *Jurnal Mmanusia dan I Lingkungan* No. 5 thn II.
- Rangkuti (2004). *Kandungan Logam Berat Timbal dalam Daun Kulit Kayu Tanaman Kayu Manis (Cinnamomum Burmani) pada Sisi Kiri Jalan Tol Jagorawi*. Biosmart 6 (2);
- Sudaryono (2011). Pengaruh Pupuk Hayati Terhadap Penyerapan Logam Berat Tembaga dan Timbal pada Tanaman Baby Corn. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. Pusat Teknologi Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknolgi. Jakarta.
- Wahyono, S., S. Widjanarko, S.S. Moersidik dan S.T. Djajadiningrat (2012). Metabolisme Pengelolaan Sampah Organik Melalui Teknologi Komposting di Wilayah Internal Perkotaan (Kajian Pengelolaan Sampah Organik pada Tipologi Kota Sedang, Studi Kasus di Kota Probolinggo, Jawa Timur). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT, 13(2):179-192.

BIODATA :

Nama Ir. Sudaryono, MSi lahir di Yogyakarta 9 Februari 1952, pendidikan Sarjana Muda Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada tahun 1975, S1 Sarjana Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada tahun 1978, S2 Master Bidang Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada tahun 1997 dan bekerja sebagai Peneliti Utama Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Nama Joko Prayitno Susanto lahir di Bojonegoro 14 Nopember 1960, pendidikan Sarjana Muda Fakultas MIPA bidang Kimia Analisa, Universitas Gadjah Mada tahun 1982, S1 Fakultas MIPA bidang Kimia Analisa Universitas Gadjah Mada tahun 1984, S2 Kitami Institute of Technology, Japan bidang studi Environmental Science (Analisa Kimia Limbah/Logam berat dengan metoda Flow Injection Analysis) tahun 1993, S3 Okayama University, Japan bidang studi Inveronmental Science tahun 1996 dan bekerja sebagai Peneliti Utama Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.