



## PETUNJUK TEKNIS

# REMEDIASI LAHAN SAWAH DAN HORTIKULTURA DATARAN RENDAH TERCEMAR MERKURI DAN ARSEN MELALUI PEMANFAATAN BIOREMEDIATOR

8-146  
AL  
p



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN

2017



631.18-146  
BAL  
R

## PETUNJUK TEKNIS

### REMEDIASI LAHAN SAWAH DAN HORTIKULTURA DATARAN RENDAH TERCEMAR MERKURI DAN ARSEN MELALUI PEMANFAATAN BIOREMEDIATOR

02-07-2018

483/D/2018

— —  
Balai Penelitian Lingkungan  
Pertanian

BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN  
BALAI BESAR LITBANG SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN  
2017

## PETUNJUK TEKNIS

### REMEDIASI LAHAN SAWAH DAN HORTIKULTURA DATARAN RENDAH TERCEMAR MERKURI DAN ARSEN MELALUI PEMANFAATAN BIOREMEDIATOR

Penyusun :

Triyani Dewi

Anik Hidayah

Wahyu Purbalisa

Sarwoto

Penyunting:

Asep Nugraha Ardiwinata

A. Wihardjaka

Penyunting Pelaksana:

Fitra Purnariyanto

ISBN 978-602-1327-08-1

BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN  
BALAI BESAR LITBANG SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN  
2017

## **KATA PENGANTAR**

Pembangunan industri dan pertambangan yang semakin meningkat di sekitar lahan pertanian berdampak negatif terhadap kerusakan lingkungan yaitu menghasilkan limbah dalam jumlah yang sangat besar, dan hal ini akan menjadi masalah yang serius bila tidak tangani dengan segera. Penanganan limbah pun masih belum di lakukan dengan serius dan bertanggung jawab sehingga sering dilaporkan adanya lahan yang tercemar akan limbah khususnya limbah logam berat.

Keberadaan logam berat Hg dan As dalam tanah dapat direduksi dengan pendekatan secara bioremediasi melalui pemanfaatan mikroba yang dapat mentransformasi Hg dan As dalam bentuk tidak toksik dan tidak tersedia untuk tanaman.

Diharapkan dengan memanfaatkan mikroba yang toleran terhadap kandungan logam berat (Hg dan As) yang tinggi pada lahan tercemar merkuri dan arsen menurunkan kadar logam berat pada tanah dan tentunya keamanan produk pertanian terjaga dengan kata lain bebas cemaran dan aman untuk dikonsumsi.

Saran dan masukan yang bersifat membangun dari pembaca sangat kami harapkan , untuk perbaikan dan penyempurnaan juknis ini.

Pati, Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Gambar .....	iv
Pendahuluan .....	1
1. Karakteristik Logam Berat As dan Hg .....	2
2. Pengaruh Logam Berat Terhadap Mikroorganisme Tanah .....	3
3. Bioremediasi .....	4
4. Pembuatan Bioremediator .....	5
5. Pembuatan Biochar.....	7
6. Pembuatan Kompos.....	8

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tahapan pengomposan.....	8
Tabel 2. Kandungan hara POC, kompos, biokompos, dan sludge yang digunakan.....	10

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sludge kering (kiri) dan POC dan molase (kanan) .....	6
Gambar 2. Inokulan siap pakai (kiri), bioremediator siap aplikasi (kanan) .....	6
Gambar 3. Isolat bakteri toleran merkuri dan arsen .....	7
Gambar 4. Tungku pembakaran biochar.....	8
Gambar 5. Jerami, sumber bahan organik melimpah di lahan sawah dan proses pengomposan jerami secara insitu di lahan menggunakan mikroba dekomposer .....	9

## PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas industri menyebabkan masalah polusi lingkungan semakin tidak terkendali dan salah satu pencemaran ekosistem adalah akumulasi polutan seperti logam berat. Logam berat dihasilkan dari buangan berbagai macam industri seperti elektroplating, tekstil, baterai, pupuk, manufaktur plastik dan pertambangan. Logam berat bersifat persisten di lingkungan karena tidak dapat didegradasi. Polusi logam berat di lahan pertanian menjadi masalah sangat penting karena efek toksik dan dapat terakumulasi melalui rantai makanan, menurunkan kualitas lahan dan mengganggu kesehatan manusia. Contoh kasus pencemaran merkuri di Pulau Buru karena adanya aktivitas penambangan emas secara artisanal dimana ditemukan konsentrasi merkuri dalam pembuangan limbah lebih dari 680 mg/kg. Pada sedimen sungai di sekitar lokasi penambangan dan anak sungai konsentrasi merkuri masing-masing >3 mg/kg dan 7,66 mg/kg (Male *et al.*, 2013). Lahan pertanian di Desa Sekotong, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat telah tercemar logam merkuri dan logam lainnya akibat penambangan emas tradisional (Wulansari *et al.*, 2013). Penambangan emas di Pongkor, Jawa Barat berlangsung sejak tahun 1992 dan menyisakan dampak cemaran merkuri di daerah sekitarnya (Zulkarnain, 2006).

Di dunia, diperkirakan sekitar 20 juta hektar lahan pertanian diairi dengan air limbah, baik dari industri atau rumah tangga. Di beberapa kota di Asia dan Afrika, studi menunjukkan bahwa pertanian berbasis irigasi air limbah menyumbang 50 persen dari pasokan sayuran ke daerah perkotaan (Bjuhr 2007 *dalam* Erfandi dan Ishak, 2014). Air limbah tersebut diduga mengandung arsen dan merkuri yang merupakan unsur bersifat toksik, kehadiran arsen dan merkuri dalam tanah dan air mengancam keamanan pangan dan kesehatan manusia. Logam berat tersebut dapat mempengaruhi aktivitas biologi yaitu sebagai teratogen, karsinogen, atau mutagen serta memiliki efek merugikan sistem pencernaan, sistem pernafasan, dan sistem kekebalan tubuh.

Pada lingkungan tertentu keberadaan logam berat dapat menurunkan populasi mikroba baik dalam jumlah maupun keanekaragaman spesiesnya. Namun demikian, sering dijumpai jenis mikroba tertentu yang resisten atau toleran terhadap kondisi tersebut. Sifat resisten atau toleran mikroba tersebut ditunjukkan oleh kemampuan tumbuh mikroba dalam berbagai konsentrasi logam berat pada skala laboratorium maupun di habitat aslinya. Kemampuan mikroba untuk bertahan terhadap efek toksik logam

berat terjadi melalui mekanisme detoksifikasi sebagai respon terhadap eksistensi jenis logam tertentu yang dapat dikenali (Yazid *et al.*, 2007).

Bioremediasi merupakan remediasi pada lahan terkontaminasi dengan memanfaatkan mikroorganismes atau tanaman untuk menurunkan/mengurangi polutan. Proses bioremediasi meliputi 4 mekanisme yaitu : a) stimulasi aktivitas mikroorganismes *indigenous*, b) inokulasi mikroorganismes dengan kemampuan biotransformasi spesifik, c) aplikasi immobilisasi enzim, dan d) penggunaan tanaman untuk mengurangi polutan (Sarkar *et al.*, 2002).

Dalam tanah keberadaan logam berat Hg dan As dapat direduksi dengan melalui transformasi kontaminan fase volatil. Bioremediasi tanah terkontaminasi arsen berdasarkan kemampuan mikroba, bakteri atau fungi untuk mentransformasi As ke dalam bentuk yang tidak toksik atau bentuk As yang mudah mengalami volatilisasi melalui mekanisme bioksidasi dan biometilasi (Cavalca, *et al.*, 2010).

Mikroba toleran logam berat dapat digunakan sebagai sebagai agen bioremediasi untuk perlindungan tanah dan air terhadap pencemaran logam berat. Aplikasi bahan amelioran seperti biochar dan kompos pada tanah terkontaminasi logam berat dapat mengurangi fitoavailabilitas dan memperkaya karbon organik pada tanah serta mempercepat perkembangan mikroba-mikroba untuk penyerapan hara dalam tanah. Penelitian Samsuri *et al.* (2013), bahwa biocar yang dilapisi dengan Fe (III) dapat meningkatkan adsorpsi As (III) dan As (V) dari larutan tanah. Penambahan bahan organik berupa vermikompos sebanyak 2% dapat menurunkan konsentrasi arsen dalam tanah sebesar 18,30% (Das, 2008).

## **1. Karakteristik Logam Berat As dan Hg**

Menurut Suhendrayatna dalam Charlena (2004), ada beberapa logam berat yang berbahaya bila kadarnya dalam tubuh melebihi baku mutu yang diperbolehkan. Logam berat tersebut yaitu Hg, As, Cd, Pb, Cr, Co, Cu dan Ni.

### **a. Arsenik (As)**

Arsenik diakui sebagai komponen esensial bagi sebagian hewan dan tumbuh-tumbuhan, namun demikian arsenik lebih populer dikenal sebagai raja racun dibandingkan kapasitasnya sebagai komponen esensial. Pada permukaan bumi, arsenik berada pada urutan ke-20 sebagai elemen yang berbahaya, ke-14 di lautan, dan unsur ke-12 berbahaya bagi manusia. Senyawa ini labil dalam bentuk oksida dan 13 tingkat racunnya sama seperti yang dimiliki oleh beberapa elemen lainnya, sangat tergantung

pada bentuk struktur kimianya. Arsen anorganik seperti arsen pentaoksida memiliki sifat mudah larut dalam air, sedangkan arsen trioksida sukar larut di air, tetapi lebih mudah larut dalam lemak. Penyerapan melalui saluran pencernaan dipengaruhi oleh tingkat kelarutan dalam air, sehingga arsen pentaoksida lebih mudah diserap dibanding arsen trioksida.

## **b. Merkuri (Hg)**

Merkuri (air raksa) merupakan logam alami yang ada dan satu-satunya logam yang berwujud cair pada suhu kamar. Logam murninya berwarna keperakan, cairan tak berbau, dan mengkilap. Bila dipanaskan sampai suhu 357°C, Hg akan menguap. Selain untuk kegiatan penambangan emas, logam Hg juga digunakan dalam produksi gas klor dan soda kaustik, termometer, bahan tambal gigi, dan baterai. Keracunan merkuri pertama sekali dilaporkan terjadi di Minamata, Jepang pada tahun 1953. Kontaminasi serius juga pernah diukur di sungai Surabaya, Indonesia tahun 1996. Akibat kuatnya interaksi antara merkuri dan komponen tanah lainnya, penggantian bentuk merkuri dari satu bentuk ke bentuk lainnya selain gas biasanya sangat lambat. Proses metilisasi merkuri biasanya terjadi di alam pada kondisi terbatas, membentuk satu dari sekian banyak elemen berbahaya, karena dalam bentuk ini merkuri sangat mudah terakumulasi pada rantai makanan. Karena berbahaya, penggunaan fungisida alkylmerkuri dalam pembenihan tidak diijinkan di banyak negara.

Kasus yang kedua yang terjadi di negara kita sendiri yaitu perairan di Teluk Buyat, Manado sebagai tercemar pembuangan limbah arsen (As) dan merkuri (Hg) yang dilakukan oleh PT. Newmont selama bertahun-tahun sehingga mengakibatkan tercemarnya ikan-ikan yang ada di perairan tersebut. Ikan-ikan tersebut dimakan oleh penduduk yang ada di sekitar daerah itu dan menyebabkan wabah neurologis yang tidak menular, yang sangat merugikan kesehatan serta menyengsarakan kesehatan masyarakat. Dalam kasus Buyat ini, logam berat merkuri (Hg) kemungkinan dapat berasal dari limbah proses pemisahan biji emas atau dari tanah bahan tambangnya sendiri yang sudah mengandung merkuri.

## **2. Pengaruh Logam Berat Terhadap Mikroorganisme Tanah**

Berbagai penelitian telah mengungkapkan berbagai pengaruh merugikan logam berat terhadap suatu komunitas mikroorganisme tanah. Pengaruh tersebut bergantung atas : konsentrasi logam berat, sifat masing-masing logam berat, jenis mikroorganisme dan lingkungan dimana mikroorganisme hidup karena perannya yang sangat penting dalam

menopang ekosistem tanah, dan menunjang kesuburan tanah yang tinggi, maka pengaruh negatif logam berat dapat menurunkan secara tidak langsung produktivitas suatu tanah.

Pencemaran logam berat di dalam tanah dapat menghasilkan beberapa pengaruh penting terhadap suatu komunitas mikroba tanah, yaitu: 1) menurunkan aktivitas mikroba, 2) mengubah biomassa mikroba, 3) melalui tekanan selektif menyebabkan peningkatan proporsi strain mikroba yang resisten terhadap logam berat, dan 4) mengubah keragaman komunitas (Pujiastuti, 2006).

Aktivitas mikroba terpengaruh pada konsentrasi logam tanah yang tinggi, sehingga biomassa mikroba, ATP tanah, aktivitas dehidrogenase tanah, nitrifikasi dan fiksasi N heterotrofik lebih rendah pada tanah-tanah yang tercemar logam berat. Fiksasi N<sub>2</sub> oleh algae hijau biru memerlukan waktu yang relatif lebih lama pada tanah yang tercemar logam berat. Tanah dengan kadar logam berat yang rendah memfiksasi sekitar 10 kali lebih banyak N<sub>2</sub> daripada tanah yang tercemar logam berat (Brookers *et al*, 1986 dalam Pujiastuti, 2006).

### 3. Bioremediasi

Proses pengolahan dengan menggunakan mikroorganisme dan enzimnya banyak dikembangkan untuk menangani pencemaran bahan-bahan berbahaya beracun. Melalui aktivitas mikroba tersebut bahan-bahan yang dianggap berbahaya ditransformasi menjadi kurang atau tidak berbahaya lagi. Upaya perbaikan lingkungan dengan menggunakan mikroorganisme dikenal dengan nama bioremediasi (Santosa, 2008). Bioremediasi adalah teknologi yang dikembangkan untuk restorasi tanah tercemar logam berat karena relatif mudah, murah dan berkelanjutan (Lasat, 2000).

Sejumlah bakteri toleran logam berat dapat meningkatkan kelarutan logam berat tanah. Rhizobakteria penghasil senyawa pengkhelet logam yang tumbuh di perakaran dapat meningkatkan kemampuan tanaman pengakumulasi logam berat untuk mengekstrak Cd dari tanah yang tercemar. Penggunaan rhizobakteria tertentu dapat dimanfaatkan untuk mengatur terjadinya akumulasi Cd pada bagian tanaman yang tidak dikonsumsi. Hasil penelitian Wulandari *et al.* (2005), menunjukkan bahwa ada 6 jenis isolat bakteri pengikat Pb (timbal) pada sedimen di perairan sungai Siak Pekanbaru, yaitu: *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Phenylobacterium*, *Enhydrobacter*, *Morrococcus*, dan *Flavobacterium*.

Penggunaan bioremediator bakteri pengakumulasi logam berat, *Bacillus sp.* telah diujikan pada tanah sawah di Desa Sukajadi, Kec. Sukatani, Kab. Bekasi. Inokulasi *Bacillus sp.* nyata menurunkan serapan Pb dan Cd pada beras, yaitu serapan Pb menurun dari 36,49% hingga 58,21%, serapan Cd menurun dari 31,05% hingga 52,31%. Demikian pula serapan Cd oleh jerami 43%, dan kombinasi bioremediator logam berat *Bacillus sp.* dan *biofertilizer* BioPhos mampu menurunkan serapan Cd beras 49%, dan kadar Cd tanah 36%. Di Desa Balong Ampel, Kec. Sukarahayu, Kab. Bekasi, aplikasi kombinasi bioremediator *Bacillus sp.* dan Zn meningkatkan kualitas beras dengan menurunnya kandungan Cd dalam beras dari 1,5 g/ha menjadi 1,2 g/ha, dan produksi beras dari 3,1 ton/ha menjadi 4,4 ton/ha (Kurnia *et al.*, 2003).

#### 4. Pembuatan Bioremediator

Bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat formula bioremediator adalah: (1) Sludge kering, (2) Pupuk organik cair (POC), (3) Molase, (4) Bakteri toleran Hg yaitu *Bacillus licheniformis* dan *Bacillus funiculus*, dan (5) Bakteri toleran arsen adalah *Bacillus farraginis* dan *Bacillus humi*.

Cara pembuatan formula bioremediator adalah sebagai berikut :

##### a. Sludge Kering

*Sludge* kering dihasilkan dari limbah padat biogas yang dikeringkan selama kurang lebih 7 hari hingga kadar airnya sekitar 25%. *Sludge* kering dihasilkan dari *sludge* basah yang dijemur dibawah sinar matahari langsung dan sering dibolak balik agar kering merata. Apabila *sludge* mudah remah (tidak menggumpal) bila dipegang berarti dalam kondisi bagus.

##### b. Pupuk Organik Cair (POC)

Pupuk organik cair (POC) dapat dibeli di pasaran (toko pertanian). Apabila akan membuat POC sendiri, bahan-bahan yang diperlukan antara lain : abu sekam/abu bata, sludge kering yang sudah diayak, urine sapi, dan air. Untuk membuat 1 L POC diperlukan 300 gr abu sekam/abu bata, 300 gr sludge kering halus, 300 ml urine sapi dan 100 ml air. Bahan-bahan tersebut diaduk hingga merata kemudian disimpan 24 jam baru dapat digunakan.

##### c. Molase

Molase dapat dibeli di pasaran (toko pertanian). Molase merupakan sumber karbon untuk bakteri. Molase ini berasal dari tetes tebu.



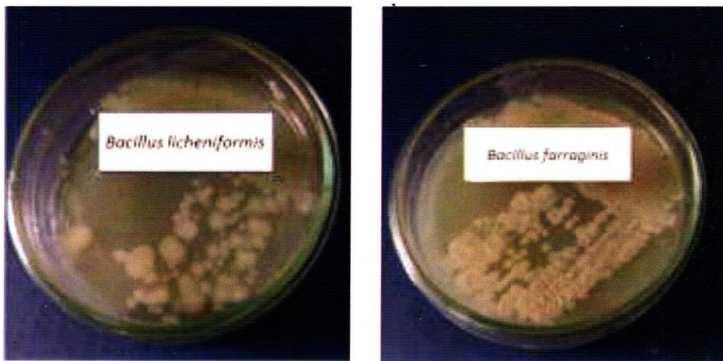
Gambar 1. Sludge kering (kiri) dan POC dan molase (kanan)

Setelah bahan-bahan siap maka yang pertama kali dibuat adalah inokulan. Inokulan adalah campuran dari POC, molase dan mikroba toleran Hg/As. Untuk membuat 1 L inokulan dibutuhkan 100 ml mikroba toleran Hg/As dalam media NA, 10 ml molase dan 100 ml POC kemudian ditambahkan 790 ml air sehingga diperoleh 1 L larutan. 1 L larutan ini dicampur dengan 6 kg sludge kering, diaduk merata kemudian dimasukkan kedalam wadah tertutup agar tidak ada udara masuk dan diinapkan selama 7 hari baru dapat digunakan. Perbandingan inokulan dan sludge kering adalah 1 : 6.



Gambar 2. Inokulan siap pakai (kiri), bioremediator siap aplikasi (kanan)

Hasil identifikasi mikroba dari penelitian sebelumnya yang diambil dari tanah Inceptisol Jaken diperoleh jenis bakteri yang mampu hidup dan tumbuh pada kondisi merkuri dan arsen yang tinggi. Isolat bakteri yang mampu hidup pada kondisi merkuri sampai dengan 2 ppm adalah *Bacillus licheniformis*, sedangkan bakteri yang mampu hidup dan toleran pada kadar arsen sebanyak 20 ppm adalah *Bacillus farraginis* (Gambar 3). Kedua jenis bakteri tersebut digunakan sebagai bahan untuk bioremediator 1, artinya bahwa bioremediator 1 yang diperkaya oleh bakteri *Bacillus licheniformis* untuk toleran merkuri dan diperkaya dengan *Bacillus farraginis* untuk toleran arsen.



Gambar 3. Isolat bakteri toleran merkuri dan arsen

Hasil identifikasi mikroba indigenus menggunakan Biolog Gen III Microstation yang berasal dari tanah Aluvial Brebes yang toleran merkuri pada konsentrasi 2 ppm dan toleran arsen pada konsentrasi 20 ppm sama dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa ditemukan dari jenis bakteri. Bakteri *Bacillus humi* yang toleran arsen dan *Bacillus funiculus* yang toleran terhadap konsentrasi merkuri tinggi.

## 5. Pembuatan Biochar

Biochar dapat dihasilkan dari sistem pirolisis atau gasifikasi. Pada sistem pirolisis, biochar yang dihasilkan sebagian besar dalam keadaan tanpa oksigen dan paling sering dengan sumber panas dari luar, sedangkan pada sistem gasifikasi hanya sedikit biochar yang dihasilkan. Produksi biochar yang optimal adalah dalam keadaan tanpa oksigen.

Biochar dapat dibuat dari limbah-limbah pertanian seperti tongkol jagung, sekam padi, tempurung kelapa, dan lain-lain.



Gambar 4. Tungku pembakaran biochar

## 6. Pembuatan Kompos

Proses dekomposisi bahan organik dapat dibagi menjadi tiga tahap seperti disajikan dalam Tabel 1 (Sutanto, 2002). Pada tahap awal atau dekomposisi intensif berlangsung, dihasilkan suhu yang cukup tinggi dalam waktu yang relatif pendek dan bahan organik yang mudah terdekomposisi akan diubah menjadi senyawa lain.

Tabel 1. Tahapan pengomposan

No	Tahapan	Pematangan bahan	Produk	Kategori pematangan
1	Tahap dekomposisi dan sanitasi	Pra-matang/ dekomposisi intensif	Kompos segar	II
2	Tahap konversi	Pematangan utama	Kompos segar	III
3	Tahap sintetik	Pasca pematangan	Kompos matang	IV & V

Sumber : Sutanto (2002)

Pada tahap pematangan utama dan pasca pematangan, bahan yang sukar terdekomposisi akan terurai dan membentuk ikatan kompleks

lempung-humus. Produk yang dihasilkan adalah kompos matang yang mempunyai ciri antara lain: (1) tidak berbau; (2) remah; (3) berwarna kehitaman; (4) mengandung hara yang tersedia bagi tanaman; dan (5) kemampuan mengikat air tinggi.



Gambar 5. Jerami, sumber bahan organik melimpah di lahan sawah dan proses pengomposan jerami secara insitu di lahan menggunakan mikroba dekomposer

Agar pembuatan kompos berhasil, beberapa syarat yang diperlukan antara lain:

- 1) Ukuran bahan mentah; semakin kecil ukuran potongan bahan mentahnya, semakin cepat pula waktu pembusukannya.
- 2) Suhu dan ketinggian timbunan kompos; Penjagaan panas sangat penting agar proses dekomposisi berjalan sempurna; makin tinggi volumen timbunan dibanding permukaan, makin besar isolasi panas dan makin mudah timbunan menjadi panas.
- 3) Kelembapan; timbunan kompos harus selalu lembap dengan kandungan lengas 50-50%, agar mikroba tetap beraktivitas.
- 4) Sirkulasi udara; Aktivitas mikroba aerob memerlukan oksigen selama proses perombakan berlangsung (terutama bakteri dan fungi).

5) Nilai pH; Bahan organik dengan nilai pH 3-11 dapat dikomposkan, pH optimum berkisar antara 5-5-8,0.

Kandungan hara pupuk organik cair, kompos, dan sludge yang dipakai sebagai amelioran dan bahan bioremediator disajikan pada Tabel 2. Jika dibandingkan dengan Permentan No. 70 Tahun 2011 tentang kriteria pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah, pupuk organik cair (POC), kompos, dan sludge yang digunakan sudah sesuai kriteria untuk parameter pH, kadar air (selain POC), C-organik, dan rasio C/N. Sedangkan untuk hara makro N, P, dan K total tidak memenuhi kriteria sesuai Permentan 70/2011 karena nilainya sangat rendah yaitu kurang dari 4%.

Tabel 2. Kandungan hara POC, kompos, biokompos, dan sludge yang digunakan

Sampel	pH H <sub>2</sub> O	KA	C-org	N-total	C/N	P-Total	K-Total
			%			%	
POC	7,10	-	15,54	0,85	18,28	0,42	0,63
Kompos	6,73	8,13	15,49	0,96	16,14	1,62	0,98
Sludge	6,24	16,05	20,98	1,41	14,88	0,79	0,54
Biokompos	6,86	10,04	16,02	0,86	18,63	0,43	0,62
Kriteria menurut Permentan 70/2011	4-8	8-20	Min 15	Min 4	15-25	Min 4	Min 4

Secara fisika kompos dapat memperbaiki struktur dan tekstur tanah, dapat menyediakan ruang (pori-pori) bagi udara di dalam tanah dan dapat meningkatkan daya simpan air pada tanah yang memiliki daya simpan yang rendah. Sedangkan secara biologi kompos dapat menunjang kehidupan mikroorganisme tanah yang banyak membantu dalam pertumbuhan tanaman.

Rendahnya kandungan hara pada pupuk organik menyebabkan sebagian besar petani masih menggunakan pupuk kimia secara intensif untuk mendapatkan hasil panen yang lebih baik meskipun dengan resiko terjadi degradasi kualitas tanah. Untuk meningkatkan unsur hara makro pada pupuk organik dapat dilakukan dengan pengkayaan kompos melalui penambahan bahan-bahan lain agar didapat kompos yang baik secara fisika, kimia, dan biologi sehingga dapat benar-benar aplikatif, efisien dan dapat menggantikan pupuk kimia.

## **7. Aplikasi Bioremediator untuk Tanaman Bawang Merah Terkontaminasi Merkuri dan Arsen**

Lahan pertanian untuk tanaman bawang merah yang terkontaminasi merkuri dan arsen dapat dilakukan dengan pemanfaatan bioremediator yang diperkaya dengan bakteri yang toleran terhadap merkuri yaitu *Bacillus licheniformis* dan *Bacillus funiculus*. Sedangkan bakteri yang toleran terhadap konsentrasi arsen tinggi adalah *Bacillus farraginis* dan *Bacillus humi*.

Aplikasi bioremediator dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Bahan bioremediator yang diperkaya dengan mikroba toleran Hg dan As tersebut diaplikasikan setelah pengolahan tanah dan sebelum tanam bawang merah dengan dosis 500 kg/ha
- 2) Penanaman tanaman bawang merah varietas Bima dengan jarak 15 cm x 15 cm
- 3) Pemupukan dilakukan dengan pupuk urea dengan dosis 200 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 kg/ha, dan K<sub>2</sub>O 120 kg/ha
- 4) Tanaman bawang merah dipelihara dengan penyiraman dan pengendalian hama dan penyakit
- 5) Panen tanaman bawang merah dapat dilakukan saat tanaman berumur sekitar 2 bulan setelah tanam

## **8. Aplikasi Bioremediator untuk Tanaman Padi Sawah Terkontaminasi Merkuri dan Arsen**

Lahan pertanian untuk tanaman padi sawah yang terkontaminasi merkuri dan arsen dapat dilakukan dengan pemanfaatan bioremediator yang diperkaya dengan bakteri yang toleran terhadap merkuri yaitu *Bacillus licheniformis* dan *Bacillus funiculus*. Sedangkan bakteri yang toleran terhadap konsentrasi arsen tinggi adalah *Bacillus farraginis* dan *Bacillus humi*.

Aplikasi bioremediator dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Bioremediator diaplikasikan setelah pengolahan tanah dan sebelum tanam dengan dosis 500 kg/ha
- 2) Penambahan biokompos sebanyak 2 t/ha dengan perbandingan biochar:kompos (1:4)
- 3) Tanaman padi varietas Cihayang ditanam umur 21 HSS dengan jarak tanam 20 x 20 cm

- 4) Bioremediator yang akan diaplikasikan berbasis mikroba toleran Hg dan As hasil dari penelitian tahun sebelumnya.
- 5) Pemberian pupuk dasar ke dalam tanah antara lain: urea dosis 250 kg/ha, SP36 dosis 150 kg/ha, dan KCl 100 kg/ha. Pupuk N diberikan tiga tahap, yaitu 1/3 N sehari sebelum tanam (basal), 1/3 N saat anakan aktif, dan 1/3 N saat primordia. Pupuk P diberikan sekali sehari sebelum tanam. Pupuk K diberikan dua tahap, 1/2 K sehari sebelum tanam dan 1/2 K saat primordia.
- 6) Tanaman padi dipelihara dengan penyiraman dan pengendalian hama dan penyakit
- 7) Panen padi dapat dilakukan sekitar 110 hari setelah tanam

Hasil penelitian yang dilakukan Balingtan (2016) menunjukkan bahwa pemberian bioremediator sebanyak 500 kg/ha mampu memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah yang lebih baik dan mampu menurunkan kandungan Hg dan As pada tanah lebih dari 40%. Pemberian bioremediator yang diperkaya dengan mikroba toleran Hg dan As pada lahan sawah terkontaminasi mampu menurunkan Hg dan As dalam tanah lebih dari 50% dan menghasilkan hasil gabah yang relatif tinggi.

## **PENUTUP**

Petunjuk teknis “Remediasi Lahan Sawah dan Hortikultura Dataran Rendah Tercemar Merkuri dan Arsen melalui Pemanfaatan Bioremediator” ini merupakan salah satu pedoman dalam upaya remediasi lahan-lahan pertanian tercemar logam berat dan mendukung terwujudnya sistem produksi pertanian berkelanjutan ramah lingkungan yang mendukung keamanan pangan, dan kesejahteraan manusia, serta tercapainya lingkungan biofisik yang bersih, aman, higienis, dan bebas cemaran. Harapannya dengan adanya petunjuk teknis ini dapat membantu pemerhati lingkungan atau pengambil kebijakan sektor terkait untuk menurunkan kontaminan atau cemaran logam berat.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kabupaten Brebes, 2015. Brebes dalam Angka 2015. Brebes
- Charlena., 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. Program Pascasarjana / S3 / Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Cavalca, L., R.Z. Corsini M. Colombo, C. Romagnoli, E. Canzi.,V. Andreoni. 2010. Arsenic-resistant bacteria associated with roots of the wild *Cirsium arvense* (L.) plant from an arsenic polluted soil, and screening of potential plant growth-promoting characteristics. *Systematic and Applied Microbiology* 33: 154-164.
- Das, D.K., Sur, P., and Das, K. 2008. Mobilisation of arsenic in soils and in rice (*Oryza sativa* L) plants affected by organic matter and zinc application in irrigation water contaminated with arsenic. *J. Plant Soil Environment* (54): 30-37
- Erfandi, Deddy dan Ishak Juarsah. 2014. Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Pertanian. Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim. Hal. 159-186. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Kurnia, U., J. Sri Adiningsih, dan A. Abdurachman. 2003. Strategi Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Pertanian. Hal 41-61 *dalam* Risalah Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Kudus, 4 Nopember 2002.
- Lasat, M.M. 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/ metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research*. Kansas State University. Vol. 2.
- Male, Y.T., A.J Reichelt-Brushett, M. Pocock, and A. Nanlohy. 2013. Recent mercury contamination from artisanal gold mining on Buru Island, Indonesia – Potential future risks to environmental health and food safety. *Marine Pollution Bulletin* 77: 428-433
- Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. Kementerian Pertanian. Jakarta

- Pujiastuti, E.S. 2006. Logam berat sebagai polutan dan efek sampingnya terhadap mikroorganismen tanah. *Akademia* Vol 10 (2): 22-2
- Samsuri, A.W., Zadeh, F.S., and Seh-Bardan, B. 2013. Adsorption of As (III) and As (V) by Fe coated biochars and biochars produced from empty fruit bunch and rice husk. *J. Of Environmental Chemical Engineering* (1): 981-988
- Santosa, R.H. 2008. Penelitian Pengendalian Pencemaran Air Limbah Industri Organik. Prosiding Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. Adaptasi Pengelolaan Sumber Daya Air Menyingsong Perubahan Iklim Global. Bandung 23-24 Juli 2008.
- Sarkar, B., P.Bhattacharya., G. Jacks., S.H. Frisbie, E. Smith, and R. Naidu. 2002. Arsenic in the environment in Heavy Metals in The Environment. Marcel and Dekker Inc.
- Sutanto, R. 2002. Pertanian Organik: Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Wulandari, S., N.F. Dewi., dan Suwondo. 2015. Identifikasi Bakteri Pengikat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Sungai Siak. *Jurnal Biogenesis* Vol 1(2): 62-65
- Wulansari dan Betty Agustina. 2013. Penggunaan Amonium Thiosulfat Untuk Memacu Fitoekstraksi Merkuri Oleh Jukut Jahit (*Paspalum conjugatum*). Thesis Universitas Brawijaya. Malang.
- Yazid, M., Bastianudin, A. Dan Usada, W. 2007. Seleksi Bakteri Pereduksi Krom di Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Metode Ozonisasi. Prosiding PPI-PDIPTN 2007. Pustek Akselerator dan Proses Bahan-Bahan. Yogyakarta
- Zulkarnain Iskandar. 2006. Mengenal Fenomena PETI di Pertambangan Emas Pongkor. Berita LIPI. Bogor.

631  
I

ISBN 978-602-1327-08-1



9 786021 327081