

# TEKNOLOGI FITOREMEDIASI UNTUK PENANGANAN PENCEMARAN LOGAM BERAT DI LAHAN PERTANIAN DI KECAMATAN KEBAKKRAMAT KABUPATEN KARANGANYAR

## *FITOREMEDIATION TECHNOLOGY FOR HEAVY METAL POLLUTION HANDLING IN AGRICULTURAL LAND AT KEBAKKRAMAT SUB-DISTRICT KARANGANYAR CITY*

MMA. Retno Rosariastuti<sup>1</sup>, Supriyadi<sup>2</sup>, Wiwin Widiastuti<sup>3</sup>

<sup>1 2</sup> Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>3</sup>Badan Perencanaan Pembangunan Penelitian dan Pengembangan Daerah Prov. Jateng

e-mail: [retnobs@yahoo.co.id](mailto:retnobs@yahoo.co.id)

Diterima: 2 April 2020, Direvisi: 20 Mei 2020, Disetujui: 2 Juni 2020

### ABSTRAK

Penelitian penanganan pencemaran logam berat di lahan pertanian menggunakan teknologi fitoremediasi bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan tanaman rami dan mendong dalam kombinasinya dengan isolat rhizo bakteri *Agrobacterium* sp I3 atau bahan organik untuk menurunkan kadar cemaran logam berat dalam tanah seperti kromium (Cr), kadmium (Cd) dan timbal (Pb). Penelitian dilaksanakan di Desa Waru Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar tahun 2016. Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar, merupakan kecamatan yang wilayahnya memiliki banyak industri, utamanya industri tekstil. Limbah cair industri di wilayah ini banyak yang digunakan untuk mengairi sawah oleh para petani, sehingga tanah sawah tersebut telah mengalami pencemaran Cr, Cd dan Pb. Oleh karena itu diperlukan upaya penurunan cemaran logam berat pada tanah sawah dengan pemilihan teknologi remediasi yang ramah lingkungan, biaya murah, mudah serta berkelanjutan. Metoda remediasi yang masuk katagori tersebut adalah bioremediasi menggunakan tanaman (fitoremediasi). Untuk itu diperlukan tanaman yang memiliki pertumbuhan cepat dan kemampuan serapan logam yang tinggi. Sifat tersebut dimiliki oleh tanaman rami dan mendong. Berdasar penelitian sebelumnya diperoleh rhizobakteri *Agrobacterium* sp I3 yang terbukti mampu meningkatkan serapan Cr oleh tanaman rami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman rami dan mendong dapat menyerap logam baik Pb, Cd, maupun Cr. Berdasarkan besarnya nilai serapan logam pada akar dan tajuk tanaman, tanaman rami dan mendong menunjukkan kemampuannya sebagai tanam hiper akumulator (besarnya serapan  $\geq 100$  ppm). Penurunan kandungan Pb tanah tertinggi sebesar 39,406% dengan perlakuan tanpa pemberian pupuk dasar, dengan inokulasi rhizobakteri *Agrobacterium* sp I3 dan tanaman rami. Penurunan kandungan Cd tanah tertinggi sebesar 56,604% dengan perlakuan pemberian pupuk dasar, dengan inokulasi rhizobakteri *Agrobacterium* sp I3 dan tanaman mendong. Penurunan kandungan Cr tanah tertinggi sebesar 42,27%. dengan perlakuan pemberian pupuk dasar, tanpa inokulasi rhizobakteri *Agrobacterium* sp I3 dan tanpa tanaman rami maupun mendong.

**Kata kunci:** fitoremediasi, logam berat, mendong, rami, tanah sawah.

### ABSTRACT

*Research aim of heavy metal pollution handling in agricultural land use fitoremediation technology is to know the effectivity of hemp and mendong plant used and it's combination with rhizobacterial isolates Agrobacterium sp I3 or organic materials in order to decrease the levels of*

heavy metal contamination in the soil such as chromium (Cr), cadmium (Cd) and lead (Pb). The research was conducted in Waru Village Kebakkramat Sub-District Karanganyar Regency in 2016. The location is a subdistrict in Karanganyar Regency whose area has many industries, mainly textile industry. Industrial wastewater in this region is widely used to irrigate rice fields by farmers, so the paddy fields have been polluted by Cr, Cd and Pb. Therefore, it is necessary to decrease the contamination of heavy metals in paddy fields with the selection of environmentally friendly remediation technology, low cost, easy and sustainable. The method of remediation in that category is bioremediation using a plant called phytoremediation. For that required plants that have rapid growth and high metal absorption capability. The characters are owned by hemp and mending plants. Based on previous research obtained *Agrobacterium* sp I3 rhizobacteria which proved able to increase the uptake of Chromium by hemp plant. The research result showed that hemp and mending plants can absorb metal either Pb, Cd, or Cr. Based on the amount of metal absorption value in root and plant canopy, hemp plant and mending shows its ability as hyper accumulator plant (the amount of uptake  $\geq 100$  ppm). The highest decrease of soil Pb content was 39,406% without treatment of basic fertilizer, with rhizobacterial inoculation *Agrobacterium* sp I3 and hemp plant. The highest decrease of soil Cd content was 56,604% with treatment with basic fertilizer, with inoculation of rhizobacteria *Agrobacterium* sp I3 and mending plant. The highest decrease of Cr content of soil was 42,27% with treatment of basic fertilizer, without inoculation of *Agrobacterium* sp I3 and without hemp and mending plants.

**Keywords:** heavy metal, hemp, mending, paddy field, phytoremediation.

## PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan, telah melanda hampir semua negara di dunia. Kegiatan industri merupakan penyumbang pencemaran terbesar, diakibatkan oleh limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut. Limbah industri seringkali mengandung senyawa kimia berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Kecamatan Kebakkramat, Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah, merupakan salah satu kecamatan yang wilayahnya memiliki banyak industri, salah satu diantaranya adalah industri tekstil. Limbah cair industri tekstil di wilayah ini banyak yang digunakan untuk mengairi lahan pertanian oleh para petani. Sebagai akibatnya lahan pertanian di wilayah ini telah mengalami pencemaran kromium dengan kisaran kadar antara 2,13 mg kg<sup>-1</sup> sampai 7,43 mg

kg<sup>-1</sup> (Junaedi, 2004). Selain itu berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti dkk. (2003) diketahui bahwa air limbah yang keluar dari saluran air suatu pabrik di lingkungan industri tekstil mengandung Cr sebesar 0,342 ppm, dan tanah sawah yang mendapatkan irigasi dari air limbah tersebut mengandung Cr dengan kisaran antara 0,531-3,99 ppm. Secara umum, ambang batas kromium limbah yang diijinkan adalah 2 mg.L<sup>-1</sup>, khusus untuk limbah industri kulit: 0,6 ppm dan tekstil : 2,0 ppm. Menurut ketentuan KMNLIH dan Dalhousie University, Canada tahun 1992, batas kritis konsentrasi Cr pada tanah adalah 2,3 ppm. Ini berarti bahwa tanah sawah di sekitar lokasi industri tekstil di Kecamatan Kebakkramat, pada beberapa titik telah melampaui batas kritis yang ditetapkan. Hal ini ditandai dengan pertumbuhan tanaman yang tidak normal. Oleh sebab itu lahan pertanian yang telah tercemar tersebut perlu diremediasi, agar

produk pertanian dari lahan tersebut aman dikonsumsi. Selain Cr, logam berat berbahaya lain yang dipakai oleh banyak industri adalah kadmium (Cd) dan plumbum (Pb). Saat ini banyak dijumpai kontaminan Cd dan Pb di berbagai lingkungan yang tercemar limbah industri. Sama halnya dengan Cr, kontaminan Cd dan Pb pada tanah sawah dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup di sekitarnya melalui siklus rantai makanan. Adapun dampak akumulasi kedua logam berat dalam tubuh manusia, sangatlah membahayakan bagi kesehatan, bahkan dapat menimbulkan kematian.

Teknologi untuk menangani pencemaran logam berat diantaranya metoda remediasi, yaitu remediasi secara fisik, kimia, biologi atau kombinasi dari ketiga metoda tersebut. Metoda remediasi secara fisik antara lain adalah dengan melakukan reklamasi lahan. Adapun metoda kimiawi sederhana yang saat ini sering dilakukan untuk remediasi lahan pertanian tercemar logam berat adalah dengan penambahan bahan/pupuk organik. Metoda remediasi secara biologi, yang dikenal dengan istilah bioremediasi. Bioremediasi adalah penggunaan mikroorganisme atau sistem biologi lainnya untuk mendegradasi/transformatasi pencemar di bawah

Kondisi terkendali (Muller dkk. 1996). Leung (2004) mengatakan bahwa bioremediasi adalah transformasi atau degradasi pencemar menjadi senyawa yang tidak berbahaya, utamanya menggunakan bakteri, selain itu juga fungi, algae dan tanaman. Bioremediasi menggunakan tanaman disebut **fitoremediasi**. Menurut Brook dkk. (1998) fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai pemanfaatan tanaman baik liar maupun budidaya untuk memindahkan, mendegradasi dan mengasingkan (*sequester*) pencemar dari lingkungannya. Fitoremediasi mengacu pada pemanfaatan

tanaman untuk penanganan *in situ* kontaminasi pada tanah, sedimen dan air (Mwegoba 2008). Dalam rangka fitoekstraksi, diperlukan tanaman yang mempunyai kemampuan tinggi dalam menyerap pencemar logam. Kelompok tanaman ini disebut sebagai hiperakumulator, diantaranya adalah tanaman bunga matahari, jagung, sawi dan sebagainya. Wu dkk.(2006), mengatakan bahwa salah satu solusi yang efektif untuk memperbaiki lingkungan tercemar adalah dengan memanfaatkan interaksi tanaman dan mikroorganisme di rhizosfer, dengan teknologi yang disebut **rhizoremediasi**. Rhizoremediasi adalah teknologi untuk membersihkan lingkungan tercemar pencemar berbahaya dengan memanfaatkan hubungan mutualistik antara tanaman dan mikroorganisme.

Dalam pemilihan tanaman untuk tujuan fitoekstraksi, ada beberapa kriteria yang dapat menjadi pertimbangan, antara lain: memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap pencemar logam berat, pertumbuhannya cepat, dan bukan tanaman pangan yang produk tanamannya tidak untuk dikonsumsi, baik oleh manusia maupun hewan. Tanaman non pangan tersebut sebaiknya memiliki nilai ekonomis tinggi. Rami dan Mendong adalah jenis tanaman yang memiliki pertumbuhan cepat, dan menghasilkan serat yang dapat digunakan sebagai bahan dasar atau bahan campuran tekstil.

Permasalahan penelitian: (1) Bagaimana kemampuan tanaman rami dan mendong dalam menyerap logam berat Cr, Cd, dan Pb tanah sawah di Kecamatan Kebakkramat?; (2) Apakah tanaman rami dan mendong baik sendiri maupun dalam kombinasinya dengan isolat rhizobakteri *Agrobacterium* sp I3 atau bahan organik dapat menurunkan kadar Cr, Cd dan Pb tanah sawah di Kecamatan Kebakkramat?; (3) Bagaimana pertumbuhan tanaman rami dan mendong selama berlangsungnya

proses bioremediasi logam berat Cr, Cd, dan Pb tanah sawah di Kecamatan Kebakkramat?.

Penelitian penanganan pencemaran logam berat di lahan pertanian menggunakan teknologi fitoremediasi bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan tanaman rami dan mendong dalam kombinasinya dengan isolat rhizo bakteri *Agrobacterium* sp I3 atau bahan organik untuk menurunkan kadar cemaran logam berat dalam tanah seperti kromium (Cr), kadmium (Cd) dan timbal (Pb).

## **METODE**

### **Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang dibutuhkan antara lain inokulum rhizobakteri *Agrobacterium* sp I<sub>3</sub>, bahan organik (kompos), bibit tanaman rami dan mendong. Kimikalia yang dibutuhkan antara lain: medium LB agar, NA agar, kimikalia untuk keperluan destruksi seperti Asam Perklorat dan Asam Nitrat, pupuk dasar: urea, ponska (pupuk kombinasi N : P : K = 15 : 15 : 15), dan lain-lain.

Alat-alat yang dibutuhkan berupa tabung reaksi, jarum ose, erlenmeyer, pH meter, oven listrik, lemari pendingin, Neraca Analitik, Magnetic stirrer, Autoclave, penggojog mekanik,

sentrifugasi, AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) (AAS Perkin-Elmer 3310, AS), cangkul, cetok, ember plastik, kantong plastik, Komputer dan printer, Alat tulis (ATK) Print, Cartridge HP, Transparency film HP, dan lain-lain.

### **Perlakuan dan Rancangan Percobaan**

Penelitian ini merupakan penelitian percobaan dengan rancangan dasar Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan jenis percobaan faktorial. Rancangan acak lengkap merupakan jenis rancangan percobaan dimana perlakuan diberikan secara acak kepada seluruh unit percobaan. Hal ini dapat dilakukan karena lingkungan tempat percobaan diadakan relatif homogen sehingga media atau tempat percobaan tidak memberikan pengaruh berarti pada respon yang diamati. Adapun model rancangan acak lengkap adalah sebagai berikut (Sastrosupadi, 2000).

Faktor perlakuan ada tiga yaitu :

- 1) pemberian pupuk dasar (pupuk kimia),
- 2) pemberian (inokulasi) rhizobakteri *Agrobacterium* sp I<sub>3</sub> atau bahan organik (kompos);
- 3) dengan tanaman rami atau mendong, sehingga diperoleh 18 kombinasi perlakuan, masing-masing kombinasi perlakuan diulang 3 kali.

**Tabel 1.**  
**Rancangan Percobaan**

| Perlakuan          |                                                                                    |                               | KombinasiPerlakuan                                          |                                                             |                                                             |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Pupuk Dasar<br>(P) | Rhizobakteri<br>Agrobakterium<br>Sp I <sub>3</sub><br>Atau Bahan<br>Organik<br>(B) | Tanaman<br>Akumu-lator<br>(T) | Ulangan<br>(U)                                              |                                                             |                                                             |
|                    |                                                                                    |                               | 1                                                           | 2                                                           | 3                                                           |
| P <sub>0</sub>     | B <sub>0</sub>                                                                     | T <sub>0</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>0</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>0</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>0</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>1</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |
|                    | B <sub>1</sub>                                                                     | T <sub>0</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>0</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>0</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>0</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>1</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |
|                    | B <sub>2</sub>                                                                     | T <sub>0</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>0</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>0</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>0</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>1</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> B <sub>2</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |
| P <sub>1</sub>     | B <sub>0</sub>                                                                     | T <sub>1</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>0</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |
|                    | B <sub>1</sub>                                                                     | T <sub>0</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>0</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>0</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>0</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>1</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |
|                    | B <sub>2</sub>                                                                     | T <sub>0</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>0</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>0</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>0</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>1</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>1</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>1</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>1</sub> U <sub>3</sub> |
|                    |                                                                                    | T <sub>2</sub>                | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>2</sub> U <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>2</sub> U <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> T <sub>2</sub> U <sub>3</sub> |

Keterangan:

P<sub>0</sub> : Tanpa pemberian pupuk dasar

P<sub>1</sub> : Dengan pemberian pupuk dasar

B<sub>0</sub> : Tanpa Inokulasi Rhizobakteri Agrobacterium sp I<sub>3</sub> atau Bahan Organik

B<sub>1</sub> : Dengan Inokulasi Rhizobakteri Agrobacterium Sp I<sub>3</sub>

B<sub>2</sub> : Dengan pemberian Pupuk Kompos

T<sub>0</sub> : Tanpa tanaman

T<sub>1</sub> : Dengan tanaman rami

T<sub>2</sub> : Dengan tanaman mending

Rhizobakteri *Agrobacterium* sp I<sub>3</sub> dan bahan organik kompos berlaku sebagai agen khelator. Mampu meningkatkan penyerapan dan pengakumulasian logam Cr ke akar dan tajuk B. Nivea sehingga dapat menurunkan kadar logam Cr pada tanah terkontaminasi (Rosariastuti *et al*, 2013). Sedangkan, bahan organik berpengaruh terhadap perbaikan tanah, baik dari faktor fisika, kimia maupun biologi tanah (Suntoro, 2010)

Tahapan penelitian meliputi: (1) Pembuatan inokulum rhizobakteri Agrobacterium Sp I<sub>3</sub>; (2) Persiapan pupuk; (3) Persiapan lahan sawah; (4) Penanaman; (5) Pengukuran di lapangan dan analisis laboratorium.

#### Parameter Pengamatan dan Analisis Data

Parameter yang diamati dan dianalisis adalah: tinggi tanaman; berat kering brangkas; kadar logam berat di

tanah (awal dan akhir); kadar logam berat di dalam jaringan tanaman (akar dan tajuk); P total tanah (awal dan akhir); N total tanah (awal dan akhir); K, Na, Ca, Mg total tanah (awal dan akhir); C-organik tanah (awal dan akhir); pH tanah; dan koloni bakteri tanah (awal dan akhir). Analisis laboratorium terhadap parameter yang diamati dilakukan di laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta.

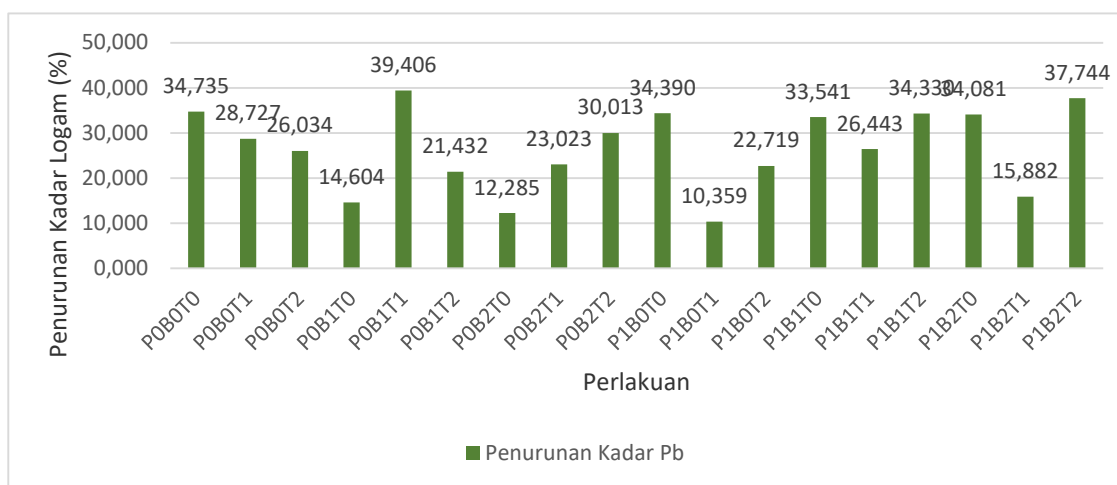
Analisis data dilakukan dengan mengaplikasikan software Minitab 15; Excel XP; dan SPSS 11.0. Data hasil

penelitian dianalisis dengan ANOVA uji F 5% dan uji 1%. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT), uji mengetahui hubungan antar variabel dilakukan analisis korelasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui bahwa perlakuan pupuk dasar dan pemberian khelator berpengaruh nyata terhadap kandungan Pb dalam tanah.

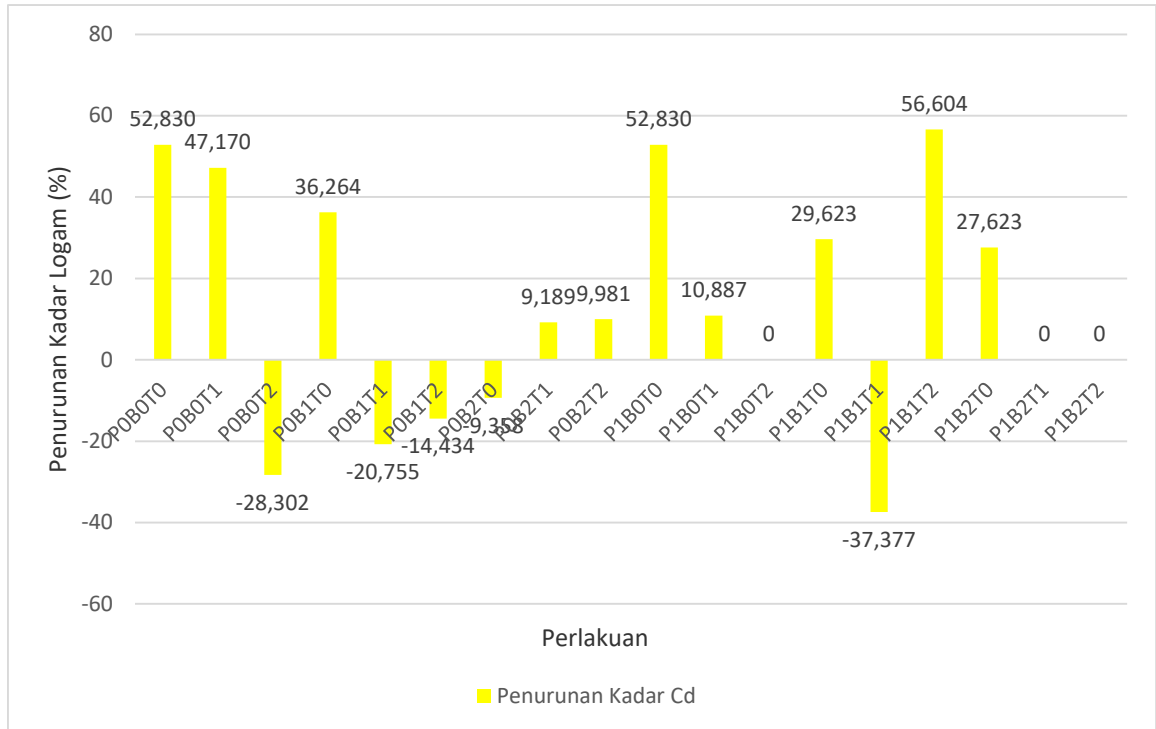


Gambar 1.  
Penurunan Kadar Pb dalam Tanah

Rata-rata penurunan logam Pb tanah pada kontrol (P0B0T0) sebesar 34.375%. Penurunan logam Pb tanah tertinggi pada perlakuan P0B1T1, yaitu sebesar 39.406%. Sedangkan, penurunan logam Pb tanah terendah pada perlakuan P1B0T1, yaitu sebesar 10.358%. Perlakuan tanaman memberikan penurunan persentase nilai Pb tanah sebagai berikut: T2 > T0 > T1 (28,71% > 27,27% > 23,97%). Besarnya penurunan kandungan Pb tanah berdasarkan perlakuan pupuk, P1 (27,72%) > P0

(25,58%). Penurunan kandungan Pb tanah berdasarkan perlakuan khelator, B1 (28,29%) > B0 (26,16%) > B2 (25,50%).

Berdasarkan hasil analisis terhadap kandungan logam cadmium pada tanah diketahui bahwa nilai Cd tanah awal ( $0,053 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) masih di bawah ambang batas yang diijinkan ( $0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ ). Umumnya terjadi penurunan setelah perlakuan. Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui bahwa perlakuan pupuk dasar dan pemberian khelator berpengaruh nyata terhadap kandungan Cd dalam tanah

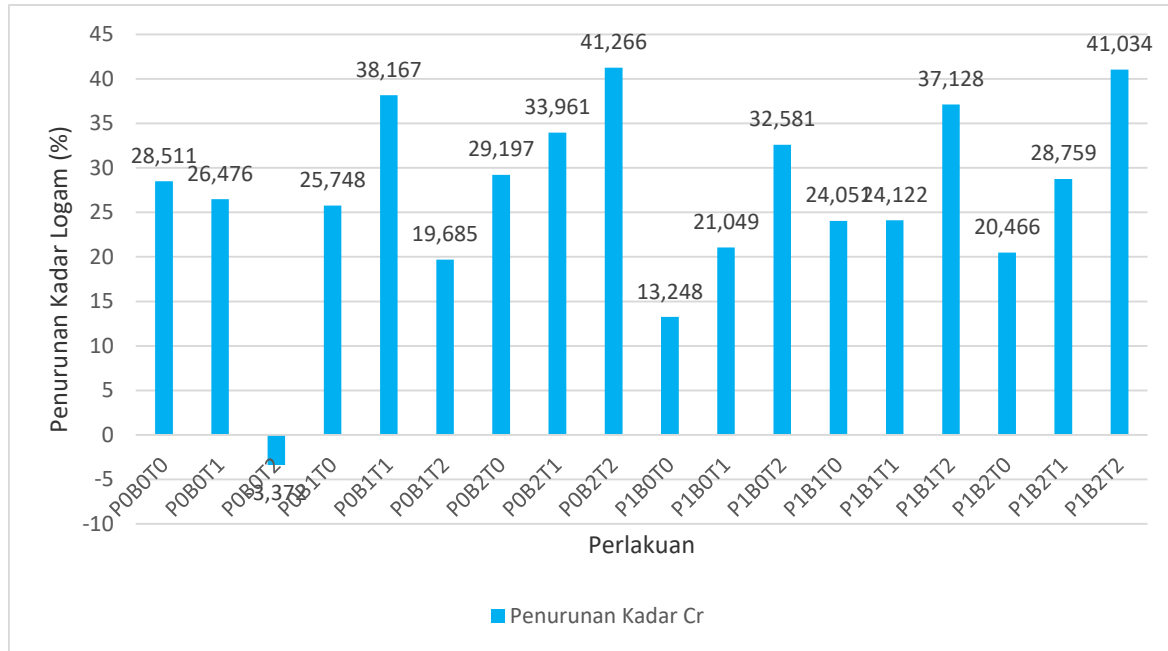


Gambar 2.  
Penurunan Kadar Cd dalam Tanah

Rata-rata penurunan logam Cd tanah pada kontrol (P0B0T0) sebesar 52.830%. Penurunan logam Cd tanah tertinggi pada perlakuan P1B1T2, yaitu sebesar 56.604%. Sedangkan, penurunan logam Cd tanah terendah pada perlakuan P1B0T2, P1B2T1, dan P1B2T2, yaitu sebesar 0%. Terjadi peningkatan kadar Cd tanah yang melebihi kadar Cd tanah awal

yaitu pada perlakuan P0B0T2 (28.302%), P0B1T1 (20.755%), P0B1T2 (14.434%), P0B2T0 (9.358%), dan P1B1T1 (37.377%).

Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui bahwa perlakuan pupuk dasar dan pemberian khelator berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan Cr dalam tanah.



Gambar 3.  
Penurunan Kadar Logam Cr dalam Tanah

Rata-rata penurunan logam Cr tanah pada kontrol (P0B0T0) sebesar 28.511%. Penurunan logam Cr tanah tertinggi pada perlakuan P1B0T0, yaitu sebesar 41.266%. Sedangkan, penurunan logam Cr tanah terendah pada perlakuan P1B0T0, yaitu sebesar 13.248%. Terjadi penambahan kadar Cr tanah yang melebihi kadar Cr tanah awal, yaitu pada perlakuan P0B0T2 (3.372 %).

### Pembahasan

#### Kemampuan Tanaman Rami Dan Mendong Dalam Menyerap Logam Berat Cr, Cd, Dan Pb Tanah Sawah

Rami dan mendong dapat menyerap logam baik Pb, Cd, maupun Cr  
a. Timbal (Pb)

Serapan Pb akar tertinggi sebesar 83,187µg pada perlakuan tanpa pupuk dasar, tanpa inokulasi Rhizobakterium atau bahan organik, dengan tanaman mendong. Kadar Pb akar tertinggi sebesar 8,701µg.g-1 pada perlakuan tanpa pupuk dasar, tanpa inokulasi Rhizobakterium

atau bahan organik, dengan tanaman mendong. Khelator lebih berperan dalam menekan serapan pada akar tanaman.

Serapan Pb tajuk tertinggi sebesar 54,615µg pada perlakuan dengan pupuk dasar, dengan inokulasi Rhizobakterium, dengan tanaman mendong. Kadar Pb tajuk tertinggi sebesar 7,791µg.g-1. pada perlakuan tanpa pupuk dasar, tanpa inokulasi Rhizobakterium atau bahan organik, dengan tanaman rami. Khelator lebih berperan dalam menekan serapan pada akar tanaman.

#### b. Cadmium (Cd)

Serapan Cd akar tertinggi sebesar 0,206µg pada perlakuan dengan pupuk dasar, dengan pemberian pupuk kompos, dengan tanaman rami. Kadar Cd akar tertinggi sebesar 35,75µg.g-1 pada perlakuan dengan pupuk dasar, dengan pemberian pupuk kompos, dengan tanaman mendong. Bakteri lebih berperan dalam menekan serapan pada akar tanaman. Serapan Cd tajuk tidak terdeteksi

#### c. Chromium (Cr)

Serapan Cr akar tertinggi sebesar 40,346 $\mu\text{g}$  pada perlakuan dengan pupuk dasar, dengan inokulasi rhizobakterium, dengan tanaman mendong. Kadar Cr akar tertinggi sebesar 2,824 $\mu\text{g.g}^{-1}$  pada perlakuan P1B1T2. Kompos lebih berperan dalam menekan serapan pada akar tanaman.

Serapan Cr tajuk tertinggi pada perlakuan P1B0T1 : 317,037 $\mu\text{g}$ . Kadar Cr tajuk tertinggi pada perlakuan P1B0T1 : 49,51 $\mu\text{g.g}^{-1}$ . Khelator lebih berperan dalam menekan serapan pada akar tanaman.

Rerata serapan Cr akar mendong lebih tinggi dibanding rami, demikian juga halnya dengan rerata kadar Cr akar mendong lebih tinggi dibanding rami. Bakteri berperan meningkatkan serapan Cr pada tanaman.

Berdasarkan pada besarnya nilai serapan logam pada akar dan tajuk tanaman, tanaman rami dan mendong menunjukkan kemampuannya sebagai tanaman hiperakumulator (besarnya serapan  $\geq 100$  ppm)

### **Kandungan Logam pada Tanah Sawah**

#### **a. Timbal (Pb)**

Kandungan Pb tanah awal: 11,718  $\mu\text{g.g}^{-1}$  tergolong tinggi. Kandungan Pb setelah perlakuan, pada control sebesar 7,648  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , terendah pada perlakuan : P0B1T1: 7,1  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , tertinggi perlakuan P1B0T1 : 10,504  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . Perlakuan P0 > P1. Perlakuan B0 = B1 dan B2; B2 > B1 dan Perlakuan T1 > T0 > T2.

Penurunan Kandungan Pb tanah : Kontrol : 34,735 %, perlakuan tertinggi : P0B1T1 : 39,406 %. Terjadi interaksi antara perlakuan pupuk dengan tanaman dan khelator dengan tanaman.

#### **b. Kadmium (Cd)**

Kandungan Cd tanah awal :0,053  $\mu\text{g.g}^{-1}$  tergolong rendah (< 0,5  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ). Kandungan Cd setelah perlakuan, pada

control sebesar 0,025  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , terendah pada perlakuan: P1B2T1 dan P1B2T2: tidak terdeteksi, tertinggi perlakuan P1B1T1 :0,075  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . Perlakuan P0 > P1. Perlakuan B0  $\neq$  B1 dan B2; B1 > B2. Perlakuan T1 > T2 > T0

Penurunan Kandungan Cd tanah : Kontrol: 52,83%, penurunan tertinggi : P1B1T2: 56,604%. Terjadi interaksi antara perlakuan pupuk dengan khelator (P + B); pupuk dengan tanaman (P + T) dan khelator dengan tanaman (B + T)

#### **c. Kromium (Cr)**

Kandungan Cr tanah awal :2,369  $\mu\text{g.g}^{-1}$  tergolong tinggi, mendekati ambang batas yang diijinkan (2,5  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ). Kandungan Cr setelah perlakuan, pada control sebesar 1,69  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , terendah pada perlakuan : P1B2T2: 1,394  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , tertinggi perlakuan P1B1T1: 2,44. Perlakuan P0 > P1. Perlakuan B0 = B1 dan B2; B1 > B2. Perlakuan T0 > T2 > T1

Penurunan Kandungan Cr tanah: Kontrol: 28,511%, penurunan tertinggi : P1B0T0 : 42,27% dan P1B2T2 : 41,034 %.

### **Faktor Pertumbuhan Tanaman**

Ditinjau dari indikator tinggi tanaman dan berat kering brankasan akar dan tajuk, tanaman rami dan mendong memiliki pertumbuhan yang baik selama berlangsungnya proses bioremediasi.

Pertumbuhan tanaman mendong lebih baik dibanding tanaman rami, hal ini terkait dengan kondisi tanah yang dibioremediasi yaitu tanah sawah yang selalu basah. Mendong tumbuh lebih baik di tanah basah, sedangkan rami tumbuh baik di tanah yang relatif lebih kering.

### **KESIMPULAN**

Tanaman rami dan mendong dapat digunakan sebagai agen bioremediasi, didukung oleh kemampuannya yang tinggi dalam menyerap logam, dan termasuk katagori hiper akumulator. Ditinjau dari

perbandingan biomassa dan besarnya serapan, tanaman rami menyerap logam lebih banyak daripada tanaman mendong,

Pemberian khelator dapat berperan ganda yaitu meningkatkan pengikatan logam pada tanah, namun sekaligus dapat menekan serapan logam pada tanaman.

Perlakuan terbaik untuk menurunkan kandungan Pb tanah adalah dengan perlakuan tanpa pemberian pupuk dasar, dengan inokulasi rhizobakteri Agrobakterium SpI3 dan tanaman rami, sedangkan penurunan kandungan Cd tanah tertinggi sebesar 56,604% dengan perlakuan dengan pemberian pupuk dasar,

dengan inokulasi rhizobakteri Agrobakterium SpI3 dan tanaman mendong. Penurunan kandungan Cr tanah tertinggi sebesar 42,27%. dengan perlakuan dengan pemberian pupuk dasar, tanpa inokulasi rhizobakteri Agrobakterium SpI3 dan tanpa tanaman

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terima kasih kepada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah Ir. Tegoeh Wynarno, MM.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, V., dan Sharma, K. 2006. Phytotoxic effects of Cu, Zn, Cd and Pb on *in vitro* regeneration and concomitant protein changes in *holarrhena antidysentrica*. – *Biol. Plant.* 50: 307-310.
- Anonim. 2011. Komoditas Tanaman Rami. <http://www.ditjenbun.deptan.go.id/>
- Brooks, R.R. 1998. Geobotany and hyperaccumulators. in: Brook RR, (ed) Plants that hyperaccumulate heavy metals. CAB International. Wallingford. pp 55–94
- Dogo, S., Razic, S., Manojlovic, D., dan Slavkovic, L. 2011. Analysis of the bioavailability of Cr(III) and Cr(VI) based on the determination of chromium in *Menthapiperita* by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Journal Of The Serbian Chemical Society. J. Serb. Chem. Soc.* 76(1): 143-153 (2011. JSCS-4107.
- Hufail F. 2015. Pengembangan tanaman mendong (*fimbristylis*) sebagai bahan baku industri kreatif nasional. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian RI. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/tansi m/berita-248-pengembangan-tanaman-mendong-fimbristylis-sp-sebagai-bahan-baku-industri-kreatif-nasional.html>
- Junaedi. 2004. Identifikasi dan Inventarisasi Sebaran Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Tanah Sawah di Daerah Industri Kecamatan Jaten, Kebakkramat, Tasikmadu Kabupaten Karanganyar (Skripsi).
- Lentner, M. and T. Bishop. 1993. Experimental Design and Analysis. Valey Book Company. Blacksburg.
- Leung, M. 2004. Bioremediation : techniques for cleaning up a mess. *Bio Tech Journal* Vol. 2 : 18 – 22.
- Liu S, Yang Z, Wang X, Zhang Z, Gao R and Liu X . 2007. Effects of Cd and Pb pollution on soil enzymatic activities and soil microbiota. *Front. Agric. China* 2007, 1(1) : 85-89. DOI 10.1007/s11703-007-0016-9
- Mangkoedihardjo, S., Ratnawati, R., dan Alfianti, N. 2008. Phytoremediation of hexavalent chromium polluted soil using *Pterocarpus indicus* and *Jatropha curcas* L. *World Applied Sciences Journal* 4 (3): 338-342, IDOSI Publications.
- Muller, J.G., Cerniglia, C.E., dan Pritchard, P.H. 1996. Bioremediation of environments contaminated by polycyclic aromatic hydrocarbons. in: Ronald LC, Crawford DL. (eds). *Bioremediation: Principles And Applications*. Cambridge University Press. Cambridge. pp 125–194
- Park, C.H., Keyhan, M., Wielinga, B., Fendorf, S., dan Matin, A. 2000. Purification to homogeneity and characterization of a novel *Pseudomonas putida* chromate reductase. *Applied And Environmental Microbiology* 66: 1788-1795.
- Rosariastuti R., Prijambada ID., Ngadiman, Prawidyarini GS and Putri AR. 2013. Isolation and identification of plant growth promoting and chromium uptake enhancing bacteria from soil contaminated by leather tanning industrial waste. *Journal of Basic and Applied Sciences* 2013 (9) : 243-251
- Sastrosupadi, Adji. 2000. Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Kanisius: Yogyakarta.

- Shah, K., dan Nongkynrih, J.M. 2007. Metal hyperaccumulation and bioremediation. *Biologia Plantarum* 51 (4): 618-634. New Delhi. India.
- Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., dan Avudainayagam, S. 2005. Chromium toxicity in plants. *Environ. Int.* 31: 739-753.
- Suntoro. 2010. Manajemen Sumber Daya Lahan Ramah Lingkungan. UNS Press: Surakarta
- Supadi, A.S. 2005. Pengembangan rami (*Boehmerianivea* (L.) Gaud) di Indonesia. Monograf Balittas No. 8, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. ISSN : 0853-9308
- Wu, C.H., Wood, T.K., Mulchandani, A., dan Chen, W. 2006. Engineering plant-microbe symbiosis for rhizoremediation of heavy metals. *Appl Environ Microbiol* 72 (2) : 1129 – 1134.