

Kemampuan *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *Micrococcus luteus* strain RT-9 pada Bahan Pembawa untuk Mereduksi Cr(VI) di Tanah

Aprilia Citra Lestari¹ dan V. Irene Meitiniarti²

¹Program studi S1 Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

²Program studi Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga; e-mail: irene.meitiniarti@uksw.edu

ABSTRAK

Kromium heksavalen memiliki tingkat toksisitas yang lebih tinggi daripada Cr(III). Penanganan tanah yang tercemar krom dapat dilakukan melalui bioremediasi dengan memanfaatkan proses metabolisme mikroorganisme. Dalam pemanfaatan mikroorganisme untuk bioremediasi lingkungan tercemar Cr(VI), diperlukan bahan pembawa sebagai habitat sementara. Vermikompos dapat digunakan sebagai bahan pembawa karena mengandung nutrisi yang tinggi. Beberapa penelitian bioremediasi dengan kombinasi beberapa isolate terbukti meningkatkan kemampuan dalam mereduksi polutan. *Microbacterium* sp. strain SpR3 diketahui mampu mereduksi krom, namun *Micrococcus luteus* strain RT-9 merupakan rizobakteri yang belum diketahui kemampuannya dalam mereduksi krom. Kemampuan dan viabilitas kultur *M. luteus* strain RT-9 dan kultur campuran dengan *Microbacterium* sp. strain SpR3 pada vermikompos belum diteliti. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kemampuan *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT-9 dalam kultur tunggal atau campuran dalam vermikompos sebagai bahan pembawa untuk mereduksi Cr(VI) dalam tanah. Dalam penelitian ini, uji viabilitas dianalisis dengan metode *Total Plate Count* dan reduksi Cr(VI) secara spektrofotometri. Isolat *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT-9 mampu tumbuh dalam kultur tunggal dan campuran. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa kultur murni *M. luteus* strain RT-9 dan kultur campur *Microbacterium* sp. strain SpR3 mampu menggunakan vermikompos sebagai bahan pembawa dan laju reduksi Cr(VI) pada hari ke-7 dan 14 berturut-turut adalah 0,16-0,18 ppm.jam⁻¹ dan 0,22-0,24 ppm.jam⁻¹.

Kata kunci: Kromium, *Micrococcus luteus* strain RT-9, *Microbacterium* sp. strain SpR3, Tanah

ABSTRACT

Hexavalent chromium has a higher level of toxicity than Cr(III). The handling of chromium-contaminated soil can be done through bioremediation by utilizing the metabolic processes of microorganisms. In the application of microorganisms for bioremediation of Cr polluted environments, a carrier material is needed as a temporary habitat. Vermicompost can be used as a carrier because it contains high nutrients. Several bioremediation studies with a combination of several isolates have been shown to increase their ability to reduce pollutants *Microbacterium* sp. strain SpR3 has been known to be able to reduce chromium, but *Micrococcus luteus* strain the RT-9 which is a rhizobacteria has not been known to reduce chromium. The ability and viability of *M. luteus* strain RT-9 culture and mixed culture with *Microbacterium* sp. strain SpR3 on vermicompost carrier have not been studied. The purpose of this study was to analyze the ability of the bacteria *Microbacterium* sp. strain SpR3 and *M. luteus* strain RT-9 in single or mixed cultures in vermicompost as carriers to reduce Cr(VI) in soil. In this study, the viability test was analyzed using the Total Plate Count method and the reduction Cr(VI) by spectrophotometric. *Microbacterium* sp. strain SpR3 and *M. luteus* strain RT-9 were able to grow in vermicompost in pure or mixed cultures. The result of this study concluded that pure culture of *M. luteus* strain RT-9 and mixed cultures with *Microbacterium* sp. strain SpR3 were able to use vermicompost as a carrier and the rate of Cr(VI) reduction on days 7 and 14 were 0.16-0.18 ppm.hr⁻¹ and 0.22-0.24 ppm.hr⁻¹, respectively.

Keywords: Chromium, *Micrococcus luteus* strain RT-9, *Microbacterium* sp. strain SpR3, Soil

Citation: Lestari, AC., dan Meitiniarti, VI. (2023). Kemampuan *Microbacterium* sp. SpR3 dan isolat RT-9 pada Bahan Pembawa untuk Mereduksi Cr(VI) di Tanah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 735-739, doi:10.14710/jil.21.4.735-739

1. Pendahuluan

Logam berat merupakan suatu komponen yang berasal dari bumi, namun dalam jumlah dan bentuk tertentu, keberadaan logam berat dapat memberikan sifat toksik dan karsinogen bagi makhluk hidup. Salah satu jenis logam berat yang berbahaya adalah Krom

(Cr). Krom yang ada di alam berada dalam dua bentuk valensi, yaitu valensi tiga (Cr(III)) dan enam (Cr(VI)). Cr(VI) memiliki tingkat toksisitas lebih tinggi dibandingkan dengan Cr(III), karena Cr(VI) memiliki daya larut dan mobilitas yang tinggi di alam (Kristianto dkk., 2017).

Keberadaan logam berat krom di alam juga dapat ditimbulkan dari aktivitas manusia seperti pada industri penyamakan kulit, pembakaran minyak dan batu bara serta pewarnaan tekstil (Aji dkk., 2019). Kromium heksavalen (Cr(VI)) memiliki tingkat toksisitas yang tinggi, jika terakumulasi di dalam tubuh manusia dapat menimbulkan penurunan fungsi hati, ginjal, terganggunya sistem pernapasan, timbulnya penyakit kanker serta pada ibu hamil dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan janin (Kristianto dkk. 2017). Tyas dkk. (2016) menyatakan kematian ikan nila akibat adanya toksisitas letal paparan Cr(VI) yang masuk ke dalam jaringan tubuh ikan nila melalui saluran pencernaan, saluran pernapasan dan kulit. Keberadaan kromium heksavalen di tanah dapat menyebabkan kontaminasi tanaman yang tumbuh di atasnya. Laoli dkk. (2021) menyatakan bahwa tanaman padi di sekitar aliran sungai yang tercemar krom dapat tumbuh normal, akan tetapi bila beras yang memiliki residu krom terkonsumsi secara terus menerus dapat mempengaruhi kesehatan organ tubuh organisme. Kromium heksavalen yang terakumulasi merupakan golongan zat berbahaya yang dapat mengancam kehidupan makhluk hidup dan menyebabkan kerusakan lingkungan karena Cr(VI) yang bersifat beracun, karsinogenik, mutagenik, bioakumulatif dan biomaknifikasi (Laoli dkk., 2021).

Penanggulangan tanah tercemar logam berat krom, dapat dilakukan melalui metode biologis yaitu bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses perubahan bahan kimia beracun menjadi tidak beracun melalui proses metabolisme mikroorganisme (Ikerismawati, 2019). Penggunaan metode biologis memiliki keunggulan jauh lebih murah, efektif dan lebih aman bagi lingkungan dibandingkan dengan metode fisika maupun kimia (Darmayati dan Afianti. 2017; Wulandari dan Meitiniarti, 2021).

Dalam aplikasi mikroorganisme untuk bioremediasi lingkungan tercemar Cr dibutuhkan bahan pembawa (*carrier*) yang merupakan media yang digunakan sebagai habitat sementara bagi mikroba (Setiawati dkk., 2017). Dengan adanya bahan pembawa, penggunaan mikroorganisme untuk berbagai keperluan di lapangan menjadi lebih mudah dan viabilitas serta kemampuan mikroorganisme dapat dipertahankan. Bahan pembawa yang baik harus memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi, mengandung unsur hara yang cukup, dan tidak mengandung bahan berbahaya yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan hidup mikroba (Larasati dkk., 2010). Larasati dkk. (2012) menyatakan bahwa vermikompos dapat digunakan sebagai bahan pembawa untuk memelihara pertumbuhan bakteri rizosfer. Innation dkk. (2021) juga menyatakan bahwa vermikompos mampu dijadikan sebagai bahan pembawa untuk *Microbacterium* sp. strain SpR3 dalam mereduksi kandungan Cr(VI) di tanah. Vermikompos merupakan salah satu jenis pupuk organik berupa campuran bahan organik dengan kotoran cacing tanah

(Fatahillah., 2017) yang mengandung unsur hara tinggi seperti N, P, K, Ca, dan Mg (Putra dkk., 2020).

Inokulum yang digunakan untuk bioremediasi perlu berbagai isolat guna meningkatkan kemampuannya dalam mereduksi limbah. Ken dkk. (2019) menunjukkan bahwa kombinasi bakteri R3 dan R7 lebih efektif dalam mendegradasi limbah organik dari limbah cair tahu. Salah satu isolat yang telah terbukti mampu mereduksi Cr(VI) adalah isolat *Microbacterium* sp. strain SpR3 (Meitiniarti dkk. 2014). Isolat ini diisolasi dari rizosfer *Acalypha indica* yang ditumbuhkan di tanah yang dicampur dengan lumpur industri tekstil dan penyamakan kulit (Meitiniarti dkk., 2012). Isolat SpR3 memiliki kemampuan dalam mereduksi Cr(VI) di tanah sebesar $32,63 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Nugroho dkk., 2015). Isolat *Micrococcus luteus* strain RT-9 merupakan mikroorganisme hasil isolasi dari rizosfer tanaman *Tagetes*, dan diketahui mampu tumbuh pada konsentrasi Cr(VI) 100 ppm (Meitiniarti dkk., 2022). Kemampuan dan viabilitas kultur isolat RT-9 maupun kultur campuran dengan SpR3 dalam bahan pembawa vermikompos belum diteliti, sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kemampuan bakteri *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT-9 pada kultur tunggal maupun campuran dalam vermikompos sebagai bahan pembawa untuk mereduksi Cr(VI) pada tanah.

2. Metodologi

Isolat bakteri *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT-9 diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Jawa Tengah. Tanah dan bahan pembawa vermikompos didapatkan dari Toko Bioflora, Jalan Imam Bonjol KM 2 Kecandran, Kecamatan Sidomukti, Kota Salatiga, Jawa Tengah. Tanah memiliki pH 7,0 – 7,3, sedangkan vermikompos memiliki pH 7,14

Sebelum digunakan, pot direndam dalam larutan H_2SO_4 selama semalam dan dibilas dengan akuades. Tanah dan vermikompos disaring dengan saringan tanah berdiameter 2mm dan selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 1 jam. Sterilisasi tersebut dilakukan 2 kali dengan jeda waktu selama satu hari setelah sterilisasi pertama.

Isolat SpR3 dan RT-9 dalam agar miring LB usia 48 jam, masing-masing diinokulasikan kedalam Erlenmeyer 100 ml yang telah berisi medium cair LB steril dengan Cr(VI) 50 ppm. Kemudian diinkubasi selama 1-2 hari pada *shaker* dengan kecepatan 120 rpm atau hingga OD kultur mencapai 0,9-1 pada panjang gelombang 600 nm. Selanjutnya kultur dipanen dengan memusingkan pada sentrifuge kecepatan 9.000 rpm selama 5 menit. Pelet yang diperoleh dipekatkan hingga $\text{OD}_{\lambda 600\text{nm}}=2$ dan siap digunakan untuk dicampurkan dengan bahan pembawa vermikompos.

Sebanyak 5 ml masing-masing suspensi sel bakteri diinokulasikan ke dalam 15 gram vermikompos steril. Campuran vermikompos dan

suspensi sel kemudian dihomogenisasi dan diinkubasi selama 9 hari. Jumlah bakteri ditentukan pada hari ke 0, 3, 6, dan 9 dengan ditabur pada media lempeng LB yang mengandung Cr(VI) 50 ppm. Koloni yang tumbuh dihitung jumlahnya dengan metode *Total Plate Count* (TPC). Penentuan jumlah bakteri ini dilakukan untuk menganalisis kemampuan isolat bakteri beradaptasi dan bertahan hidup dalam vermikompos. Selanjutnya, inokulum dalam vermikompos usia 9 hari ini diuji kemampuan reduksi Cr(VI) di tanah yang mengandung Cr(VI) 50 ppm.

Penentuan kemampuan reduksi Cr(VI) di tanah (konsentrasi Cr awal 50 ppm) dilakukan dalam rancangan acak lengkap (letak pot perlakuan seperti pada Gambar 1). Penelitian dilakukan dengan empat perlakuan, yaitu (i) tanah + inokulan *Microbacterium* sp. strain SpR3 dalam bahan pembawa, (ii) tanah + inokulan *M. luteus* strain RT-9 dalam bahan pembawa, (iii) tanah + campuran kedua isolat dalam bahan pembawa dan (iv) tanah dan vermikompos steril tanpa inokulan bakteri + larutan Cr(VI). Perlakuan (iv) digunakan untuk membuktikan bahwa tanah yang digunakan tidak terdapat bakteri yang tahan terhadap Cr(VI). Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan.

Pengambilan sampel untuk penentuan konsentrasi Cr(VI) yang ada di tanah dilakukan pada hari ke 7 dan ke 14. Cr(VI) (ppm) yang ada di tanah diekstrak menggunakan KH_2PO_4 dan $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$. Konsentrasi Cr (VI) yang ada di ekstrak tanah ditentukan secara spektrofotometrik menggunakan reagen 1,5-difenilkarbazid (Walter, 1961).

Kecepatan reduksi Cr(VI) ditentukan dengan rumus (Walter, 1961) :

$$\text{Kecepatan reduksi Cr(VI) (ppm.jam}^{-1}\text{) 7 hari pertama (ppm.jam}^{-1}\text{) = } \frac{(A-B)}{(7 \times 24)}$$

$$\text{Kecepatan reduksi Cr(VI) (ppm}^1\text{.jam}^{-1}\text{) 14 hari pertama (ppm.jam}^{-1}\text{) = } \frac{(A-C)}{(14 \times 24)}$$

Keterangan:

A = Konsentrasi Cr(VI) pada T0 (ppm)

B = Konsentrasi Cr(VI) pada T7 (ppm)

C = Konsentrasi Cr(VI) pada T14 (ppm)

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, kedua isolat dapat tumbuh dalam bahan pembawa vermikompos. Hal ini dapat dibuktikan dari jumlah sel *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT9 dalam vermikompos setelah inkubasi 7 hari (tabel 1).

Berdasarkan hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa kedua bakteri mampu tumbuh pada media uji vermikompos. Pada hari ke-0 juga menunjukkan bahwa inokulum yang diberikan terbukti ada dalam vermikompos. Hal ini dapat disebabkan pH yang ada dalam vermikompos merupakan pH netral (7,14) (Innasion dkk, 2021). pH netral merupakan pH yang optimum dalam pertumbuhan bakteri. Menurut Suriani dkk (2013), pH optimum yang diperlukan bakteri untuk tumbuh secara optimal ialah 6,5 - 7,5. Kemudian pada hari ke-3 dan 6, *Microbacterium* sp. strain SpR3 mulai menunjukkan adanya pertumbuhan

dan penambahan jumlah koloni. Namun pada *M. luteus* strain RT9 mengalami penurunan.

Kemampuan *Microbacterium* sp. strain SpR3 untuk tumbuh pada vermikompos sebagai bahan pembawa disebabkan bakteri dapat menggunakan bahan-bahan organik yang ada dalam medium dan vermikompos (Innasion dkk, 2021). Sebaliknya *M. luteus* strain RT9 tampaknya kurang mampu tumbuh dalam vermikompos. Perlakuan vermikompos ditambah kultur murni bakteri *M. luteus* strain RT9 menunjukkan penurunan jumlah koloni dibandingkan perlakuan vermikompos ditambah *Microbacterium* sp. strain SpR3 maupun campuran pada hari ke-6. Pada perlakuan vermikompos + campuran kedua isolat mengalami penambahan jumlah pada hari ke-9. Hal ini kemungkinan disebabkan terjadi dominansi pertumbuhan bakteri dalam vermikompos oleh *Microbacterium* sp. strain SpR3. Dominannya satu isolat yang mampu tumbuh dalam kultur campur dapat disebabkan karena adanya persaingan nutrisi (Rifai dkk, 2020). Menurut Rifai dkk (2020) adanya mikroba yang dominan menghasilkan senyawa kimia, seperti H_2O_2 , dapat menghambat pertumbuhan mikroba lainnya sehingga menimbulkan adanya kompetisi nutrisi dan mikroba yang mampu bertahan akan tetap tumbuh, memperbanyak diri, dan mendominasi. Namun dalam penelitian ini belum dapat dibuktikan apakah terjadi dominansi karena dalam perhitungan jumlah bakteri menggunakan metode TPC tidak dibedakan jenis bakterinya.

Berdasarkan hasil penentuan kadar Cr(VI) (Tabel 2.) yang diperoleh pada hari ke-0 menunjukkan kadar Cr(VI) yang masih tinggi, yaitu berkisar 37,477 - 42,59 ppm. Kadar Cr(VI) ini sedikit lebih rendah dari kadar Cr (VI) awal yang diberikan, yaitu 50 ppm. Menurunnya kadar Cr(VI) yang diberikan dapat disebabkan oleh bahan organik dalam tanah. Menurut Hayati (2010), keberadaan bahan organik dalam tanah dapat menyebabkan ion logam berat terserap.

Pada semua perlakuan (kecuali kontrol), kadar Cr(VI) ini mengalami penurunan pada hari ke-7 dan 14. Penurunan kadar Cr(VI) disebabkan aktivitas bakteri mereduksi Cr(VI). Menurut Perwitasari (2021), semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kadar kromium yang direduksi.

Dari hasil uji statistik variasi Two Way Anova dapat dilihat bahwa kadar Cr(VI) pada semua perlakuan (kecuali kontrol) berbeda nyata dan terjadi penurunan. Tetapi antar perlakuan pada waktu yang sama, kadar Cr(VI) tidak berbeda nyata. Pada kontrol tidak ada beda nyata antara kadar Cr(VI) T7 dan T14. Pada perlakuan kultur campur, tingkat penurunan kadar menunjukkan tingkat yang paling tinggi dengan konsentrasi Cr(VI) awal 42,59 ppm menjadi 14,807 ppm pada hari ke-7 dan mengalami penurunan kembali pada hari ke-14 menjadi 3,169 ppm.

Kecepatan reduksi Cr(VI) oleh semua perlakuan (kecuali kontrol) berbeda antar waktu, dimana T14 lebih tinggi dibanding T7. **Tabel 3.** menunjukkan bahwa walaupun terjadi peningkatan kecepatan reduksi Cr(VI) pada 7 hari dan 14 hari, namun tidak

ada perbedaan yang nyata antar perlakuan, kecuali dengan kontrol. Hasil penentuan kecepatan reduksi Cr(VI), didapatkan bahwa perlakuan Tanah + Vermikompos RT9 menunjukkan nilai kecepatan reduksi Cr(VI) yang tinggi, padahal pertumbuhan bakteri pada vermikompos paling rendah atau tidak ada pertumbuhan (Tabel 1). Hal ini kemungkinan disebabkan adanya mikroorganisme lain yang melakukan reduksi krom. Namun perlu dibuktikan lebih lanjut mengingat dalam penelitian ini tidak

dilakukan penentuan keberadaan bakteri inokulan di tanah. Selain itu, dapat juga disebabkan bakteri di vermikompos belum hilang/mati secara keseluruhan, namun mampu beradaptasi dengan tanah sehingga mengalami pertumbuhan kembali. Menurut Suprihatin (2010) mikroorganisme yang mengalami fase adaptasi menunjukkan jumlah sel yang kecil, namun dengan adanya nutrisi serta lingkungan yang mendukung dapat merangsang mikroorganisme untuk melakukan perbanyakan diri.



Gambar 1. Tanah mengandung Cr(VI) 50 ppm yang telah diinokulasikan dengan isolat dan dilakukan dengan rancangan acak lengkap. Keterangan: A1-3: Tanah + Vermikompos SpR3, B1-3: Tanah + Vermikompos RT9, C1-3: Tanah + Vermikompos Campuran, D1-3: Tanah

Tabel 1. Jumlah sel bakteri dalam vermikompos

Waktu Pengamatan (Hari)	Jumlah sel (CFU g ⁻¹ vermikompos)			
	Vermikompos + SpR3	Vermikompos + RT9	Vermikompos + Campuran	Vermikompos
T0	(23,3 ± 1,5) x 10 ⁶	(84,3 ± 12,9) x 10 ⁶	(17,3 ± 4,0) x 10 ⁶	0
T3	(260,3 ± 36,8) x 10 ⁶	(33,7 ± 6,0) x 10 ⁶	(128,3 ± 10,4) x 10 ⁶	0
T6	(579,0 ± 55,6) x 10 ⁶	(13,0 ± 2,6) x 10 ⁶	(176,3 ± 26,3) x 10 ⁶	0
T9	(327,0 ± 26,2) x 10 ⁶	0	(234,0 ± 23,9) x 10 ⁶	(3,5 ± 0,7) x 10 ⁶

Tabel 2. Hasil rata-rata penurunan kadar Cr (VI) di tanah

Waktu Pengamatan (Hari)	Kadar Cr(VI) (ppm)			
	Tanah + Vermikompos SpR3	Tanah + Vermikompos RT9	Tanah + Vermikompos Campuran	Tanah + Vermikompos (kontrol)
T0	39,664 ± 0,591 ^a	41,884 ± 3,353 ^a	42,59 ± 5,368 ^a	37,477 ± 2,327 ^b
T7	13,058 ± 1,586 ^c	12,217 ± 0,672 ^c	14,807 ± 3,744 ^c	32,028 ± 1,679 ^d
T14	2,092 ± 1,584 ^e	1,621 ± 0,649 ^e	3,169 ± 1,466 ^e	29,236 ± 0,308 ^d

Keterangan:

Huruf *superscript* yang berbeda dalam satu satu kolom menunjukkan perbedaan nyata (p < 0.05) dengan menggunakan uji Tukey

Tabel 3. Hasil pengukuran kecepatan reduksi Cr (VI)

Waktu Pengamatan (Hari)	Kecepatan Reduksi Cr (VI) (ppm.jam ⁻¹)			
	Tanah + Vermikompos SpR3	Tanah + Vermikompos RT9	Tanah + Vermikompos Campuran	Tanah + Vermikompos (kontrol)
T7	0,158 ^b	0,177 ^b	0,165 ^b	0,032 ^c
T14	0,224 ^a	0,240 ^a	0,235 ^a	0,049 ^c

Keterangan:

Huruf *superscript* yang berbeda dalam satu satu kolom menunjukkan perbedaan nyata (p < 0.05) dengan menggunakan uji Tukey

4. Kesimpulan

Vermikompos dapat digunakan sebagai bahan pembawa *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT-9, baik dalam kultur tunggal maupun campuran. Inokulasi kultur tunggal maupun campuran antara *Microbacterium* sp. strain SpR3 dan *M. luteus* strain RT9 dalam pembawa vermikompos mampu mereduksi Cr(VI) dengan kecepatan reduksi Cr(VI) yang tinggi dibanding kontrol, yaitu antara 0,16-0,18 ppm.jam⁻¹ dan 0,22-0,24 ppm.jam⁻¹, berturut-turut pada hari ke-7 dan 14. Dalam penelitian ini, jumlah bakteri di tanah selama pengujian reduksi Cr(VI) tidak ditentukan, sehingga tidak dapat dipastikan bahwa pelaku reduksi Cr(VI) adalah bakteri yang diinokulasikan. Agar dapat dipastikan pelaku reduksi Cr(VI) adalah bakteri yang diinokulasikan maka perlu ditentukan jumlah dan jenis bakteri selama penelitian reduksi Cr(VI) di tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, C.A., Masykuri, M., dan Rosariastuti, R. 2019. Fitoremediasi Logam Kromium di Tanah Sawah dengan Rami (*Boehmeria nivea*) dan Environmental Health Agriculture System (EHAS). *Journal Bioeksperimen*, 5(2): 61 – 69
- Darmayati, Y. dan Afianti, N.F. 2017. Penerapan dan Tingkat Efektivitas Teknik Bioremediasi untuk Perairan Pantai Tercemar Minyak. *J Oseana*, 12(4): 55 – 69
- Fatahillah. 2017. Pertumbuhan Vegetatif Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Biotek*, 5(2): 191 – 204
- Hayati, E. 2010. Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Kandungan Logam Berat dalam Tanah dan Jaringan Tanaman Selada. *J. Floratek* 5(2): 113 - 123
- Ikerismawati S. 2019. Bioremediasi Pb oleh Bakteri Indigen Limbah Cair Agar. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*, 1(2): 51 – 58
- Innasion, T. O., Meitiniarti, V. I., dan Cahyaningrum, D. C. 2021. The Reduction of Cr (VI) in Soil by *Microbacterium* sp. strain SpR3 in Vermicompost Carrier. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBi)*, 8(1): 33-41.
- Ken, R.R., Jati, A.W.N., dan Yulianti, L.I.M. 2019. Peran Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Biota*, 4(1): 8 - 15
- Kristianto, S., Wilujeng, S., dan Wahyudiarto, D. 2017. Analisis Logam Berat Kromium (Cr) pada Kali Pelayaran sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan di Wilayah Sidoarjo. *Jurnal Biota*, 3(2): 66 – 70
- Laoli, B.M.S., Kisworo, dan Raharjo, D. 2021. Akumulasi Pencemaran Kromium (Cr) pada Tanaman Padi di Sepanjang Kawasan Aliran Sungai Opak, Kabupaten Bantul. *Journal Biospecies*, 14(1): 59 – 66
- Larasati, T.R.D., Mulyana, N., dan Sudrajat, D. 2010. Kompos dan Vermikompos sebagai Bahan Pembawa Potensial untuk Produksi Inokulan Mikroba. Dalam: *Prosiding Simposium dan Pameran Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi*. Jakarta, Indonesia. (pp 225 – 234).
- Larasati, T.R.D., Mulyana, N., dan Sudrajat, D. 2017. Pembuatan Bahan Pembawa Berbasis Vermikompos untuk Inokulan Bakteri Rhizosfer Peningkat Pertumbuhan Tanaman. *Prosiding Pertemuan Presentasi Ilmiah – Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2012*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan. Yogyakarta, Indonesia. (pp. 141 -147).
- Meitiniarti, V.I., Krave, A.S., Kasmiyati, S., dan Diyawati R.M. 2012. Isolasi Bakteri Toleran Cr(VI) dari Rhizosfer *Acalypha indica* yang Tumbuh pada Tanah Mengandung Limbah Tekstil dan Penyamakan Kulit. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Biologi: Peran Biologi dan Pendidikan Biologi dalam Pengembangan Karakter Konservasi*. Semarang, Indonesia. (pp. 86 – 92).
- Meitiniarti V.I., Nugroho, R.A., dan Krave, A.S. 2014. Ragam Pereduksi Krom dari Air Limbah Penyamakan Kulit dan Rhizosfer *Acalypha indica*. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi: Keanekaragaman dan Pemanfaatan Sumberdaya Mikroba Tropika Indonesia*. Salatiga, Indonesia. (pp. 59 – 63).
- Meitiniarti V.I., Putri E.K., Runtu A.E., Nugroho R.A., and Kasmiyati S. 2022. Isolation and Identification of Cr-resistant Bacteria from the Rhizosphere of *Tagetes* sp. and Their Ability to Reduce Cr(VI). *Biodiversitas* 23(8): 4117-4123.
- Nugroho RA, Meitiniarti VI, dan Batunan D. 2015. Potential Isolates of *Microbacterium* sp SpR3 and *Mezorhizobium* sp. SpR17 in reducing Cr(VI) in soil. Dalam: *Prosiding. Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia: Kontribusi mikroba dalam meningkatkan kualitas hidup manusia*. Semarang. (pp. 245-249).
- Perwitasari D.S. 2021. *Teknologi Penurunan Kadar Ion Logam pada Limbah Cair Industri*. Surabaya: CV. Mitra Abisatya
- Putra, A.R.D., Mardiyani, S.A., dan Nurhidayati. 2020. Peran Vermikompos terhadap Morfologi Kangkung Hidroponik. *Agrotechnology Research Journal*, 4(2): 70 – 76
- Rifai, M.R., Widowati, H., dan Susanto, A. 2020. Sinergisme dan Antagonisme Beberapa Jenis Isolat Bakteri yang Dikonsorsiumkan. *Biolava*, 1(5): 21 - 26
- Setiawati, M.R., Suryatmana, P., dan Chusnul, A. 2017. Karakteristik Azolla Pinnata sebagai Pengganti Bahan Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Penambat N₂ dan Bakteri Pelarut P. *Journal Soilrens*, 15(1): 46 – 52
- Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi*. ISBN: 978-602-8915-50-2. Penerbit UNESA Press. Surabaya.
- Suriani, S., Soemarno, S., dan Suharjo, S. 2013. Pengaruh Suhu & pH terhadap Laju Pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus *Pseudomonas* yang Diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di Sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 4(1): 58-62.
- Tyas, N.M., Batu, D.T.F.L., dan Affandi, R. 2016. Uji Toksisitas Letal Cr(VI) terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2): 128 – 132. DOI: 10.18343/jipi.21.2.128
- Walter W.G. 1961. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, 11th Ed. American Journal of Public Health and The Nation's Health, 51(6), p 940. <https://doi.org/10.2105/AJPH.51.6.940-a>
- Wulandari A.D. dan Meitiniarti V.I. 2021. Bioremediation of Pb and Cd Contaminated Soil using Microorganism: A Review. *Journal of Science and Science Education* 5 (1): 1-11

