

Iradiasi Sinar Gamma Dosis Rendah untuk Meningkatkan Kemampuan Fungi Dalam Mereduksi Logam Berat Pb dan Cd

Low Doses of Gamma Ray Irradiation to Improve The Ability of Fungi in Reducing Heavy Metal Pb and Cd

Dadang Sudrajat dan Nana Mulyana

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440
Email : dadangs61@batan.go.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis iradiasi sinar gamma untuk meningkatkan kemampuan mikroba untuk mereduksi logam berat Pb dan Cd tanpa mengurangi kemampuan tumbuh dan aktivitas enzim selulase dalam media cair melalui proses biosorpsi. Dalam penelitian ini digunakan 3 isolat fungi yaitu *Trichoderma harzianum* (Th), *Aspergillus niger* (An), dan *Trichoderma viride* (Tv). Pada tahap awal dilakukan uji kemampuan tumbuh isolat tersebut dalam media PDA yang mengandung logam berat Pb dan Cd pada konsentrasi 25 ppm. Dosis iradiasi yang digunakan 4 taraf yaitu 0; 125; 250; 375; dan 500 Gy dengan laju dosis 0,21 kGy/jam dari sumber Cobalt 60 Gamma-Cell 220. Isolat fungi teriradiasi ditumbuhkan dalam media cair *Potatoes Dextrose Broth* (PDB) yang mengandung logam berat Pb dan Cd masing-masing sebesar 50 dan 100 ppm. Parameter yang diukur adalah pH, berat sel kering, kadar logam berat, dan aktivitas enzim selulase. Hasil penelitian ini menunjukkan ke-tiga isolat fungi mampu tumbuh pada media PDA yang mengandung logam berat Pb dan Cd. Dosis iradiasi optimum 250 Gy pada ketiga isolat fungi tersebut dapat meningkatkan kemampuan dalam menurunkan konsentrasi logam berat Pb dan Cd, meningkatkan berat sel kering, dan aktivitas enzim selulase setelah diinkubasi selama 10 hari. Hasil penelitian ini diharapkan bioremediasi yang menggunakan fungi hasil iradiasi dapat diaplikasikan dalam bioremediasi lingkungan tercemar logam Pb dan Cd sebagai alternatif pengembangan teknologi pengolahan limbah logam berat ramah lingkungan.

Kata kunci : Iradiasi sinar gamma, fungi, Pb, Cd, reduksi logam berat

ABSTRACT

This study aimed to get a dose of gamma ray irradiation to improve the ability of microbes to reduce heavy metals Pb and Cd in liquid medium through biosorption process. This study used three isolates of fungi is *Trichoderma harzianum* (Th), *Aspergillus niger* (An), and *Trichoderma viride* (Tv). In the early stages, a growth test of the isolates was performed in PDA medium containing heavy metal Pb and Cd at 25 ppm concentration. Irradiation dose used 4 levels of 0; 125; 250; 375; and 500 Gy with a dose rate of 0.21 kGy/h from the source of Cobalt 60 Gamma Cell 220. The irradiated fungi isolates were grown in *Potatoes Dextrose Broth* liquid medium that contain heavy metals in concentrations Pb and Cd 50 and 100 ppm respectively. Parameters measured were pH, dry cell weight, levels of heavy metals, and activity of cellulase. The results showed all three isolates of fungi were able to grow on PDA containing heavy metals Pb and Cd. The optimum irradiation dose of 250 Gy in the three isolates of the fungi can improve the ability to lower the concentration of heavy metals Pb and Cd, increasing the dry cell weight, and the cellulase after incubation for 10 days. It this expected that the bioremediation using fungi irradiated can be applied in bioremediation of Pb- and Cd- polluted environment as an alternative to the development of environmentally friendly heavy metals waste treatment technologies.

Key words : Gamma rays irradiation, fungi, Pb, Cd, reducing of heavy metals

PENDAHULUAN

Logam berat adalah unsur dengan berat molekul tinggi, dalam kadar rendah umumnya

sudah beracun bagi tumbuhan, hewan dan manusia. Termasuk logam berat adalah Hg, Cr, Cd, As dan Pb [1]. Timbal (Pb) yang juga sering disebut timah hitam (lead) merupakan salah satu

logam berat yang cukup berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Masuknya Pb ke dalam tubuh manusia melalui air minum, makanan atau udara dapat menyebabkan gangguan pada organ seperti gangguan neurologi (syaraf), ginjal, sistem reproduksi, sistem hemopoitik serta sistem syaraf pusat (otak) terutama pada anak yang dapat menurunkan tingkat kecerdasan. Upaya penanggulangan bahaya pencemaran yang diakibatkan oleh logam berat telah banyak dilakukan. Berdasarkan asumsi bahwa baik tanaman maupun mikroba merupakan agens biologi penting yang dapat digunakan untuk bioremediasi, maka beberapa tahun terakhir ini bidang mikrobiologi terapan dan biologi molekular menjadi dasar pengembangan teknologi bioremediasi dengan memanfaatkan mikroba yang dapat mereduksi logam berat. Bioakumulasi merupakan cara yang paling umum digunakan untuk mikroba menangani limbah logam berat. Pada prinsipnya bioakumulasi merupakan pengikatan ion-ion pada struktur sel mikroba. Pengikatan ini disebabkan oleh sistem transport aktif ion, ikatan permukaan dan mekanisme lain yang tidak diketahui. Mekanisme pengikatan diatas tidak lepas dari karakter anion dan fisikokimia dari dinding sel, sehingga ion logam berat mampu diikat secara adhesi [2].

Kemampuan mikroorganisme dalam mengakumulasi logam berat dari limbah melalui penyerapan secara fisiko-kimia disebut biosorpsi. Beberapa alga, bakteri, jamur dan khamir telah terbukti memiliki kemampuan untuk menyerap logam. Salah satu jamur yang digunakan adalah jenis *Phanerochaete chrysosporium*, dimana biosorpsi logam terjadi karena adanya gugus amino yang terdapat pada jamur tersebut [3]. Pada peristiwa biosorpsi pada jamur, perpindahan logam melewati membran sel menghasilkan akumulasi intraseluler yang bergantung pada metabolisme sel. Oleh karena itu, biosorpsi jenis ini hanya terjadi pada sel-sel yang hidup. Hal ini berkaitan dengan ketahanan mikroorganisme yang bereaksi dengan logam beracun [4]. Beberapa fungi lain yang menunjukkan kemampuan biosorpsi logam berat adalah *Aspergillus sp*, *Rhizopus arrhizus*, *Penicillium sp*, dan *Aspergillus niger*. Mekanisme toleransi fungi terhadap logam berat dengan cara kompleksasi meliputi produksi polisakarida ekstraselular yang memiliki sifat-sifat anion yang berfungsi sebagai bioakumulator yang efisien, produksi metabolit organik yang memiliki sifat pengkelat dan

membentuk kompleks dengan logam [5]. *Aspergillus niger* adalah salah satu spesies dari genus *Aspergillus* yang miselianya sering digunakan sebagai biosorben. Penelitian penggunaan biomassa *A. niger* sebagai biosorben telah dilakukan beberapa peneliti. JUNIOR *et al.*, [6], menggunakan biomassa *A. niger* untuk proses biosorpsi logam Cadmium pada kondisi pH, konsentrasi dan temperatur optimum. KOVACEVIC *et al.*, [7] melakukan perbandingan adsorpsi pada biomassa *A. niger* yang dibiakkan dalam laboratorium terhadap Cr, Cu, Ni dan Zn dalam larutan air. Penelitian tersebut menyatakan bahwa afinitas *A. niger* untuk mengadsorpsi ion logam secara berurutan adalah : Cu>Zn>Ni>Cr. Berbagai upaya untuk meningkatkan kemampuan mikroba banyak dilakukan antara lain melalui pemilihan seleksi, salah satunya adalah dengan iradiasi. TAMADA *et al.* [8] meneliti mengenai pengaruh sinar gamma terhadap aktivitas enzim selulase yang dihasilkan oleh fungi *Trichoderma reesei*. Hasilnya menunjukkan bahwa fungi yang diiradiasi dengan dosis 2 kGy dapat menghasilkan enzim selulase 1,8 kali lebih tinggi dari pada kapang yang tidak diiradiasi. DIPANWITA DAS *et.al* [9] telah melakukan Iradiasi sinar gamma dosis rendah terhadap *Aspergillus sp*, untuk meningkatkan kemampuan reduksi logam berat Cd. Pada dosis 60 Gy dapat meningkatkan daya reduksi logam berat Cd sebesar 56%. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat fungi yang mempunyai kemampuan tinggi dalam mereduksi logam berat Pb dan Cd melalui perlakuan iradiasi sinar gamma dosis rendah.

Penelitian ini diharapkan teknologi bioremediasi yang menggunakan mikroba hasil iradiasi dapat diaplikasikan untuk pemulihan tanah terkontaminasi logam Pb dan Cd sebagai alternatif pengembangan teknologi pengolahan limbah ramah lingkungan. Ke tiga isolat fungi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus niger*, dan *Trichoderma viride* merupakan koleksi Laboratorium Lingkungan PAIR, hasil isolasi dari akar tanaman jagung pada tanah tercemar logam berat di daerah Bojonegoro, Jawa Timur.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah lain Fungi *Trichoderma harzianum* (Th), *Trichoderma*

viride (Tv), dan *Aspergillus niger* (An) koleksi laboratorium Lingkungan, PAIR-BATAN, buffer sodium citrate 0,1 M, media *Potatoes Dextrose Agar* (PDA), *Potatoes Dextrose Broth* (PDB), *carboxymethyl cellulose* (CMC), dinitro salicylic acid (DNS), Pb(NO₃)₂, Cd SO₄, Kertas saring Whatman No. 1. Peralatan yang digunakan antara lain, peralatan mikrobiologi, autoklaf (DAIHAN, Scientific), pengocok, pH meter (Eutech Instrumens, Singapura), neraca analitik (Acculab BL 210, Sartorius, Germany), Spektrofotometer UV-VIS (HITACHI, Japan), Atomic Absorption Spectrophotometer Perkin Elmer Model 200/400 (USA), Saringan Gooch, Pompa vacuum (Biorad), (Hitachi, Japan) dan peralatan gelas.

Uji resistensi isolat Fungi terhadap Logam Berat

Isolat fungi *T. harzianum*, *A. niger*, dan *T. viride* sebanyak 10⁵ sel/ml ditumbuhkan pada media padat PDA dalam cawan petri yang mengandung 25 ppm logam berat Pb dan Cd. Viabilitas dan pertumbuhannya diamati setelah diinkubasi selama 3 hari pada suhu 30⁰C.

Iradiasi Fungi

Isolat Fungi yang telah diremajakan diinokulasikan pada PDA dalam cawan petri dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu kamar. Biakan tersebut kemudian diiradiasi dengan sinar gamma dalam Gamma Cell 220 di Pusat Aplikasi Isotop Radiasi – BATAN, Pasar Jumat Jakarta dengan laju dosis 2,1 kGy/jam. Dosis iradiasi yang digunakan adalah 0 kGy (kontrol, tanpa iradiasi); 125 Gy; 250 Gy; 375 Gy dan 500 Gy.

Penyiapan inokulum fungi hasil iradiasi

Fungi hasil iradiasi sebanyak 10⁵ sel/ml ditumbuhkan dalam 50 ml medium cair *PDB* yang mengandung logam berat Pb dan Cd masing-masing sebesar 50 dan 100 ppm selama 10 hari dalam kondisi agitasi pada kecepatan 100 rpm pada suhu 30⁰C. Pada akhir inkubasi, miselia fungi dipanen dengan cara penyaringan menggunakan kertas saring Whatman No.1 yang sudah diketahui beratnya. Berat massa sel dianalisis dengan metode gravimetri.

Analisis reduksi logam

Logam berat Pb dan Cd terlarut pada akhir inkubasi dalam filtrat medium *PDB* dianalisis dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Perkin Elmer Model 200/400 untuk

mengetahui konsentrasi logam yang tereduksi. Daya reduksi (DR) dari masing-masing isolat fungi hasil iradiasi dihitung sesuai dengan metode Csuros & Csuros [10] melalui persamaan :

$$DR = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

C₁ : Konsentrasi Awal (ppm)

C₂ : Konsentrasi Akhir (ppm)

Uji aktivitas enzim selulase

Pengukuran aktivitas selulase menurut metode Ghose [11], dengan mencampurkan 0,5 ml filtrat enzim dengan 0,5 ml substrat CMC 1% dalam larutan 0,5 M larutan buffer citrate. Campuran diinkubasi dalam *waterbath* pada suhu 50⁰ C selama 30 menit. Glukosa yang terbentuk dianalisis dengan larutan DNS. 1 Unit enzim didefinisikan jumlah μmol glukosa yang dibebaskan enzim dari reaksi campuran substrat CMC selama 1 menit pada suhu 50⁰ C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

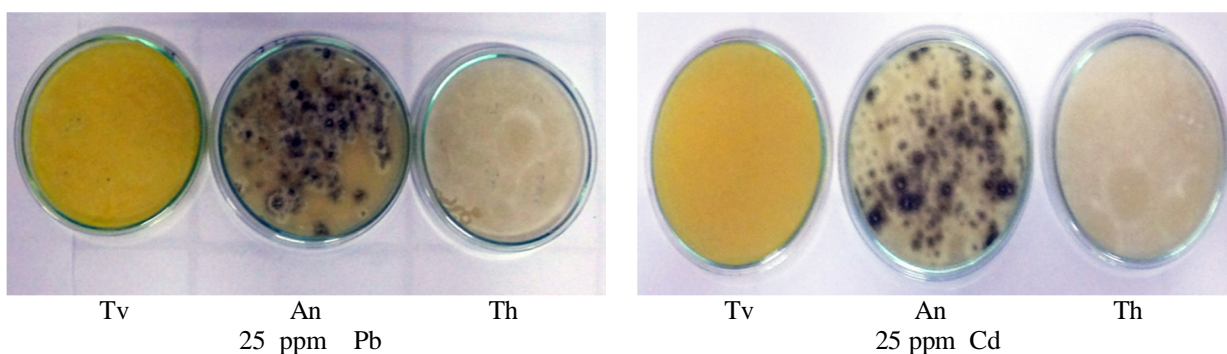
Tiga isolat fungi *Trichoderma viride* (Tv), *Aspergillus niger* (An), dan *Trichoderma harzianum* (Th) mampu tumbuh pada medium PDA agar yang mengandung 25 ppm logam berat Pb dan Cd. Hal ini terlihat pada Gambar 1 dan Tabel 1. Populasi ketiga isolat tersebut berkisar 1,2 x 10⁷- 1,4 x 10⁹ cfu/ml setelah inkubasi pada suhu 30⁰C selama 3 hari. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga isolat fungi tersebut mempunyai resistensi tinggi terhadap logam berat Pb dan Cd. Dari ketiga isolat fungi tersebut, *Trichoderma viride* (Tv) merupakan isolat yang paling toleran terhadap logam berat Pb maupun Cd. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh MEHRAN *et.al* [12] pada fungi *Trichoderma* Sp yang masih mempunyai kemampuan pertumbuhan pada medium yang mempunyai kandungan logam berat Cd sampai 100 ppm.

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis berat sel kering 3 isolat kapang setelah diiradiasi pada dosis 0- 500 Gy dalam medium cair *PDB* yang mengandung 50 dan 100 ppm logam berat Pb dan Cd setelah diinkubasi pada suhu 30⁰C dalam kondisi goyang dalam shaker incubator. Terjadi peningkatan berat sel kering dari tiga isolat fungi

tersebut setelah iradiasi pada dosis 125 dan 250 Gy dalam medium PDB yang mengandung logam berat Pb. Pertumbuhan 3 isolat kapang teriradiasi dalam medium PDB yang mengandung logam berat Cd menunjukkan penurunan pada dosis iradiasi 125, 375, dan 500 Gy. Dari pertumbuhan 3 isolat fungi *T. viride*, *A. niger*, maupun *T. harzianum* terlihat pada dosis 250 Gy merupakan dosis optimal untuk meningkatkan pertumbuhan sel fungi dengan berat sel kering masing-masing diatas 0,6 g/50 ml.

akan menghasilkan produk berupa asam organik yang dapat menurunkan pH media. Besarnya penurunan pH bergantung pada besarnya prosentase degradasi, semakin besar aktivitas mikroba pendegradasi, semakin besar pula penurunan pH yang dihasilkan.

Pengaruh pH juga disebabkan tingkat toleransi fungi pada pH medium. AMNA *et al.*, [14] menyatakan bahwa pada medium pH rendah, terjadi kompetisi aktif ion H⁺ pada lokasi ikatan yang bermuatan negatif di permukaan dinding sel.



Gambar 1. Pertumbuhan Isolat kapang *Trichoderma viride* (Tv), *Aspergillus niger* (An), dan *Trichoderma harzianum* (Th) dalam medium PDA yang mengandung 25 ppm logam berat Pb dan Cd.

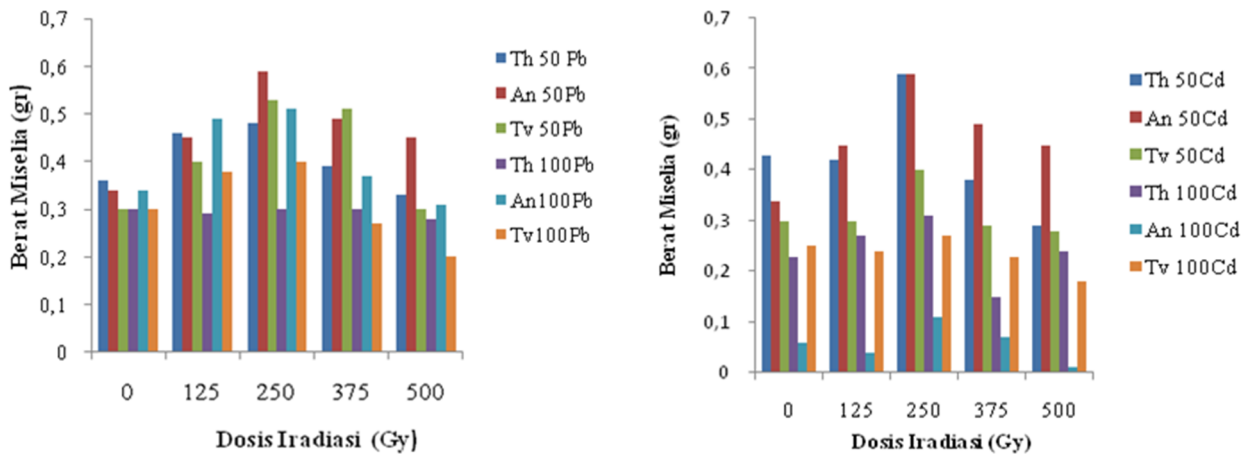
Tabel 1. Viabilitas tiga isolat kapang dalam media PDA yang mengandung 25 ppm logam berat Pb dan Cd setelah 3 hari.

Isolat	Viabilitas (cfu/ml)	
	25 ppm Pb	25 ppm Cd
1 <i>Trichoderma viride</i> (Tv)	$1,4 \times 10^9$	$4,2 \times 10^8$
2 <i>Aspergillus niger</i> (An)	$2,4 \times 10^8$	$1,2 \times 10^6$
3 <i>Trichoderma harzianum</i> (Th)	$2,1 \times 10^8$	$4,1 \times 10^7$

Bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh A.M. AFIFY *et.al* [13], perlakuan iradiasi sinar gamma pada dosis 250 Gy dapat meningkatkan berat massa sel pada fungi *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma viride* masing-masing sebesar 22,80% dan 16,2% dibandingkan dengan kontrol (tanpa iradiasi). Hasil pengukuran nilai pH medium pada pertumbuhan 3 isolat fungi iradiasi dalam medium cair PDB menunjukkan nilai fluktuatif seperti terlihat pada Gambar 3. Perubahan pH medium disebabkan adanya aktivitas sel ketiga fungi tersebut dalam pertukaran kation dalam sel dengan ion H⁺ dalam medium. Selama fermentasi mikroba

Adsorpsi Cr(III) oleh biomassa didukung oleh adanya gaya tarik ion, menyatakan semakin kecil pH, maka permukaan dinding sel semakin positif dan mengurangi tarik menarik antara biomassa dengan ion logam.

Dosis iradiasi sangat berpengaruh pada kemampuan daya reduksi logam berat Pb dan Cd dari ke-3 isolat fungi teriradiasi dalam medium cair PDB. Ada hubungan antara dosis iradiasi dengan daya reduksi dari ketiga isolat fungi tersebut. Daya Reduksi (DR) logam berat Pb dengan konsentrasi awal 50 dan 100 ppm dari masing-masing isolat fungi teriradiasi 250 Gy pada *Trichoderma harzianum* adalah 98,48% dan



Keterangan :

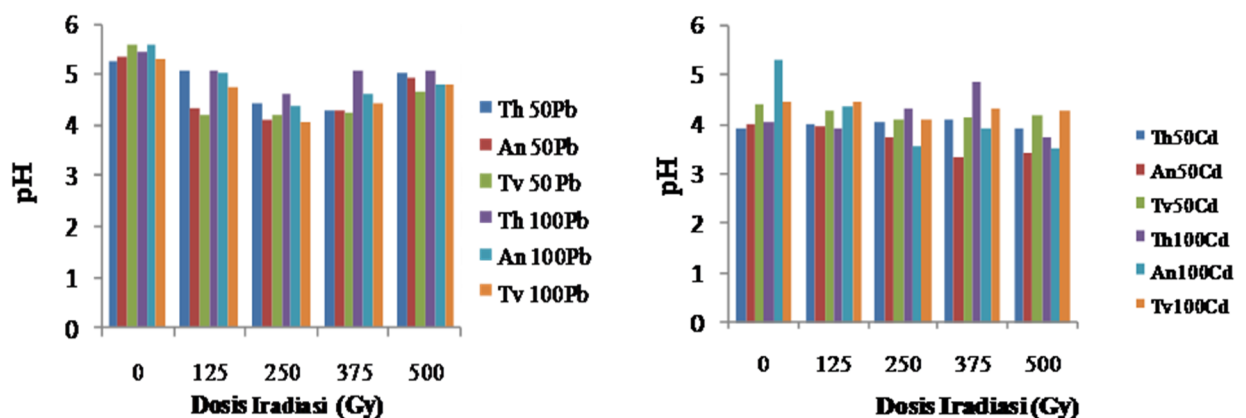
Th : *Trichoderma harzianum*; An : *Aspergillus niger*; Tv : *Trichoderma viride*

Gambar 2. Berat sel kering 3 isolat fungi hasil iradiasi sinar gamma dalam media cair PDB yang mengandung logam berat Pb dan Cd dengan konsentrasi masing-masing 50 dan 100 ppm

98,50% (50-0,76 ppm dan 100-1,10 ppm); *Aspergillus niger* (An) 99,88% dan 99,79% (50-0,06 ppm dan 100-0,91 ppm); serta *Trichoderma viride* (Tv) sebesar 89,96 dan 96,78% (50-1,61 ppm dan 100-2,23 ppm). Sedangkan Daya Reduksi (DR) logam berat Cadmium (Cd) dengan konsentrasi awal 50 dan 100 ppm dari ketiga isolat kapang teriradiasi 250 Gy pada *Trichoderma harzianum* adalah 98,34% dan 96,25% (50-0,83 ppm dan 100-3,75 ppm); *Aspergillus niger* (An) 78,68% dan 60,48% (50-10,66 ppm dan 100-39,52 ppm); serta *Trichoderma viride* (Tv) sebesar 97,54 dan 96,66% (50-1,23 dan 100-3,34 ppm). Dari

hasil percobaan tersebut diatas (Gambar 4), terlihat bahwa fungi *Aspergillus niger* (An) teriradiasi 250 Gy mempunyai Daya Reduksi logam berat Pb tertinggi. Pada *Trichoderma viride* (Tv) teriradiasi 250 Gy mempunyai Daya Reduksi logam berat Cadmium (Cd) tertinggi.

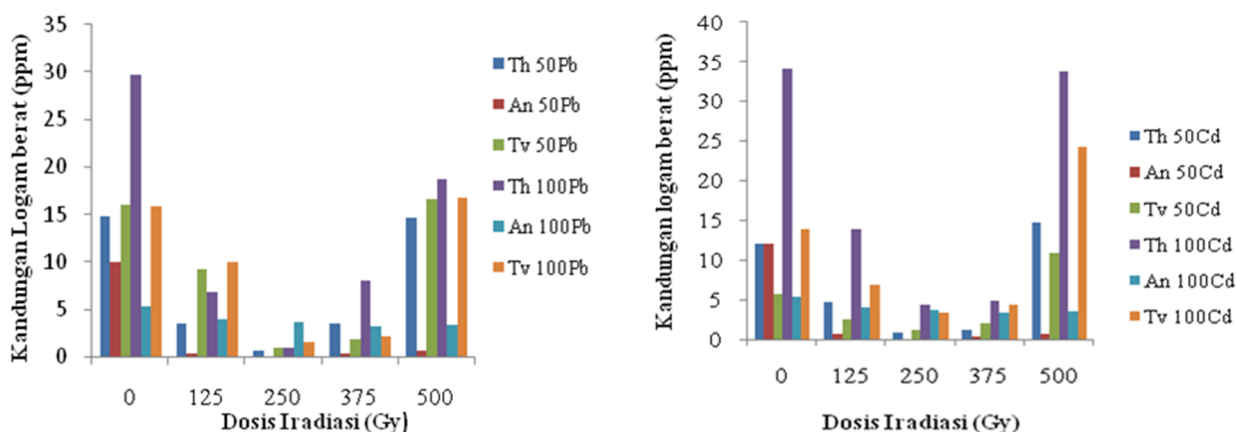
Bila dibandingkan penelitian yang dilakukan DIPANWITA DAS *et.al* [9], menunjukkan bahwa dengan perlakuan iradiasi fungi *Aspergillus sp.* pada dosis 60 Gy dapat meningkatkan daya reduksi logam berat Cd sebanyak 73% dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan iradiasi). Peningkatan



Keterangan :

Th : *Trichoderma harzianum*; An: *Aspergillus niger*; Tv : *Trichoderma viride*

Gambar 3. Perubahan pH selama fermentasi tiga isolat fungi hasil iradiasi sinar gamma dalam medium cair PDB yang mengandung logam berat Pb dan Cd sebesar 50 dan 100 ppm



Keterangan :

Th : *Trichoderma harzianum*; An : *Aspergillus niger*; Tv : *Trichoderma viride*

Gambar 4. Kandungan logam berat Pb dan Cd dari 3 isolat fungi hasil iradiasi sinar gamma dalam filtrat medium PDB yang mengandung Pb dan Cd masing-masing dengan konsentrasi awal 50 dan 100 ppm

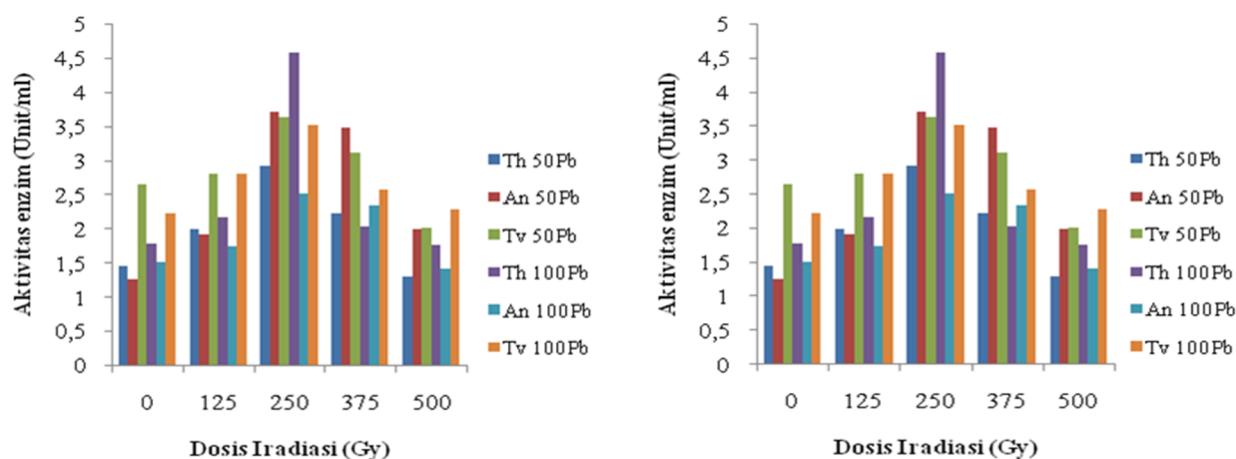
kemampuan daya reduksi dari ketiga isolat fungi teriradiasi ini disebabkan terjadinya mutasi induksi yang dapat mengaklimatisasi kemampuan biomassa sel dalam mengakumulasi logam berat. Pengaruh konsentrasi biomassa pada biosorpsi logam Pb, menunjukkan bahwa kadar logam Pb yang terserap semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi biomassa. Hal ini terjadi karena pada awal biosorpsi, permukaan dinding sel yang terdiri dari polisakarida yaitu senyawa alginat belum mengikat logam berat. Proses biosorpsi ini terjadi ketika ion logam mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat, dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional group seperti carbonyl, amino, thiol, hidroksy-carboxyl yang berada pada dinding sel [13].

Pada proses fermentasi selama 10 hari didalam media cair PDB yang mengandung logam berat Pb dan Cd dengan konsentrasi 50 dan 100 ppm, dilakukan juga pengukuran enzim selulase yang dihasilkan oleh ketiga isolat fungi teriradiasi tersebut. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5, yang menunjukkan fluktuatifnya produksi enzim sesuai dengan dosis iradiasi yang diberikan. Pada Gambar tersebut terlihat adanya kenaikan aktivitas enzim dari ketiga isolat fungi teriradiasi tersebut. Peningkatan aktivitas enzim

tersebut terjadi dimulai pada dosis 125 Gy. Pada analisis data ternyata kenaikan aktivitas enzim selulase menunjukkan perbedaan yang nyata antara kapang teriradiasi dengan kapang yang tidak diiradiasi (kontrol). Aktivitas tertinggi enzim selulase yang dihasilkan oleh ketiga isolat fungi iradiasi terjadi pada dosis iradiasi 250 Gy. Sedangkan aktivitas enzim selulase terendah terjadi pada dosis iradiasi 500 Gy.

Aktivitas enzim selulase dari ketiga isolat fungi teriradiasi 250 Gy dalam medium PDB yang mengandung logam berat Pb (50 dan 100 ppm) pada *T. harzianum* 3,2 dan 2,7 Unit/ml, *Aspergillus niger* 4,3 dan 2,7 Unit/ml; dan *T. viride* adalah sebesar 3,5 dan 3,2 Unit/ml. Aktivitas enzim selulase dari ketiga isolat fungi teriradiasi 250 Gy dalam medium PDB yang mengandung logam berat Cd (50 dan 100 ppm) pada *T. harzianum* 3,7 dan 4,2 Unit/ml, *Aspergillus niger* 3,5 dan 3,2 Unit/ml; dan *T. viride* adalah sebesar 2,9 dan 2,5 Unit/ml.

Iradiasi kapang pada dosis tertentu menyebabkan perubahan struktur di dalam rantai DNA, akibat putusnya rantai tunggal ataupun ganda, meskipun dapat bergabung kembali pada reparasi atau terjadi mutasi. Mutasi dapat menyebabkan fungsi terinduksi untuk menghasilkan enzim lebih banyak daripada sebelum diiradiasi. Kemungkinan disebabkan iradiasi telah merusak struktur sel, sehingga menyebabkan enzim yang terdapat pada struktur



Keterangan :

Th : *Trichoderma harzianum*; An : *Aspergillus niger*; Tv : *Trichoderma viride*

Gambar 5. Aktivitas enzim selulase dari 3 isolat fungi hasil iradiasi sinar gamma dalam medium PDB yang mengandung logam berat Pb dan Cd dengan konsentrasi masing-masing sebesar 50 dan 100 ppm

internal yang bersinggungan secara langsung dengan substrat. Hal ini dapat menyebabkan perubahan fisiologis sel, seperti peningkatan aktivitas enzim yang cukup besar. Ada hubungan antara produksi enzim ekstraselular selulase yang dihasilkan kapang *Trichoderma sp* dengan daya resistensi terhadap logam berat. Semakin tinggi aktivitas enzim selulase yang dihasilkan maka fungsi tersebut akan lebih toleran terhadap logam berat [16]. Ion Al^{3+} dapat meningkatkan aktivitas dari enzim selulase pada konsentrasi dibawah 1 mmol/L. Namun demikian, pada konsentrasi lebih dari 1 mmol/L sampai 10 mmol/L, maka ion logam Al^{3+} dapat menurunkan aktivitas dari enzim selulase yang berasal dari fungi *Trichoderma reesei* [17].

Logam berat tidak langsung mempengaruhi aktivitas enzim tanah dengan mengubah komunitas mikroba yang mensintesis enzim dan bervariasi dengan jenis enzim [18]. Penghambatan enzim tanah oleh logam berat tergantung pada sifat dan konsentrasi logam, dan luasnya bervariasi dari satu enzim ke enzim yang lain dan pada konsentrasi tertentu beberapa logam berat juga dapat merangsang aktivitas enzim. Ion logam juga dapat menghambat reaksi enzim oleh pengompleksan substrat, bereaksi dengan kelompok protein-aktif enzim [18].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa ketiga isolat fungi *Trichoderma harzianum* (Th), *Aspergillus niger* (Th), dan *Trichoderma viride* (Tv) mampu tumbuh dalam medium yang mengandung logam berat Pb dan Cd. Iradiasi sinar gamma pada dosis 250 Gy dapat meningkatkan berat kering sel, kemampuan reduksi logam berat Pb dan Cd, serta aktivitas enzim selulase dari ketiga isolat kapang tersebut setelah diinkubasi selama 10 hari. Dengan hasil penelitian yang diperoleh maka masih diperlukan adanya penelitian lanjutan, isolat fungi hasil iradiasi ini untuk diaplikasikan dilapang/dilahan tercemar logam berat lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Sdr. Marwadi yang telah membantu dalam pelaksanaan percobaan dan PAIR –BATAN yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Notoatmojo, S., Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Penerbit ITB. ISBN 979-3507-43-8: 31-36, 2005.

2. Maria Ledin, Accumulation of metals by microorganisms processes and importance for soil systems, *Earth Science Reviews*, vol. 51, no. 1-4, Elsevier, pp. 1-31, 2000.
3. Say., R, Denizli., A. and Arica., M.Y., Biosorption of cadmium (II), lead (II) and Copper with the filamentous fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *Bioresour. Technol.* vol. 76, pp. 67-70, 2001
4. Sun. Y.M, Horng. C.Y., Chang F.L., Cheng. L.C, and Tian W.X., Biosorption of lead, Mercury, and cadmium ions by *Aspergillus terreus* immobilized in a natural matrix. *Pol. J. Microbiol*, vol. 59, pp. 37-44, 2010.
5. Ahmad, I., S. Zafar and F. Ahmad, Heavy metal biosorption potential of *Aspergillus* sp and *Rhizopus* sp isolated from wastewater treated soil. *J. of App. Scienc & Env. Management*, vol. 9, no. 1, pp. 123-126, 2005.
6. Junior, L.M.B., G.R. Macedo, M.M.L. Duarte, E.P. Silva, and A.K.C. Lobato, Biosorption of cadmium using the fungus *Aspergillus niger*. *Braz. J. Chem. Eng.*, vol. 20, no. 3, pp. 1-15, 2003.
7. Kovacevic, Z.F., L. Sipos, and F. Briski. Biosorption of Chromium, Copper, Nickel and Zinc Ions onto Fungal Pellets of *Aspergillus niger* 405 from Aqueous Solution, *J. of Food Tech.*, vol. 28, no. 3, 211.
8. Tamada. M., Kasai. N., and I. Kaetsu. Effects of gamma-ray irradiation on cellulase secretion of *Trichoderma reesei*. *J. of Fermentation Technology*, vol. 65, no. 6, pp. 703- 705, 1987.
9. Dipanwita Das, A. Chakraborty, S.Bhar, M. Sudarshan, and S.C. Santra, Gamma Irradiation in modulating cadmium bioremediation potential of *Aspergillus* sp. *Journal of Environmental Science, toxicology and Food Technology*. vol. 3, no. 6, pp. 51-55, 2013.
10. Csuros. M. and Csuros. C., *Environmental sampling and analysis of metals*. Lewis Publisher. New York, 149, 2002.
11. T.K. Ghose., Measurement cellulase activity. *Pure and Applied Chemistry*. vol. 59, no. 2, pp. 257-268, 1987.
12. Mehran M.F., Soleimani N., Mohammadreza M., Darabian S., Jamshid M., and Ramazani A., Highly cadmium tolerant fungi: their tolerance and removal potential. *J. Environ. Health. Sci. Eng.*, vol. 13, pp. 12-19, 2015.
13. A.M., Afify, Soud., M.A.A., Ibrahim., G.M., and Kassem., B.W., Exposing of *Trichoderma spp.* to gamma radiation for stimulating its to pesticide biodegradation activity., *J. Radiation. Res. Appl. Sci.*, vol. 5, no.2, pp. 441-453, 2012.
14. Amna, J., Rukkhsana, B., Umer, S., and Jamil, A. Removal of heavy metals by adsorption on *Pleurotus ostreatus*. Elsevier. vol. 35, no. 5, pp. 1675-1682, 2011.
15. Wan Jianlong and Wang Jiazhao. Application of radiation technology to sewage sludge processing: A review. *Journal Hazardous Materials*. Elsevier, vol. 143, pp. 2-7, 2007.
16. Sonil Nanda and Jayanthi Abraham. Remediation of heavy metal contamination soil. *African J. of Biotechnology.*, vol. 12, no. 21, pp. 3099-3109, 2013.
17. Wang. J, and Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnol Adv.* vol. 27, pp. 195-226, 2009.
18. Eduardo Moreno J., Jesus M. Penalosa, Rebeca Menzano, Ramon C.R, Roberto

Gammara, and Elvira Esteban. Heavy metals distribution in soils surrounding an abandoned mine in NW Madrid

(Spain) and their transference to wild flora. *J. of Hazardous Materials*, Elsevier, vol. 162, pp. 854–859, 2009.

