

## **MIKOREMEDIASI LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH TERCEMAR LOGAM PB DENGAN FUNGI PELARUT KALIUM SEBAGAI BIOFERTILIZER POTENSIAL**

**Nur Azizah<sup>1)</sup>, Eka Sari<sup>2)</sup>, Nur Annis Hidayati<sup>3)</sup>, Suyatno<sup>4)</sup>**

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Biologi Universitas Bangka Belitung  
Universitas Bangka Belitung, Desa Balunujuk Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi  
Bangka Belitung.

e-mail: nurazizahazizah96@gmail.com

<sup>4)</sup>Badan Pengkajian Teknologi Pertanian Bangka Belitung  
Jl. Mentok km.4 Pangkal Pinang, Kepulauan Bangka Belitung

e-mail: [suyatno19@yahoo.com](mailto:suyatno19@yahoo.com)

\*koresponden author

## **MYCOREMEDIATION OF Pb-CONTAMINED EX-TIN MINING LAND BY POTASSIUM SOLUBILIZING FUNGI AS A POTENTIAL BIOFERTILIZER**

### **ABSTRACT**

Mining activities have increased the risk of Pb metal contamination that have negative impacts on plants and animals. Such activities may lead soil productivity and quality to decrease. Mycoremediation is one of remediation techniques that utilize fungi as bioremediation agents. Further than that, certain fungi could also act as biofertilizers to improve soil condition, such as increase the N, P, and K content. The purpose of this study was to isolate the indigenous Potassium Solubilizing Fungi (PSF) and to test its potency both as mycoremediation agents and as biofertilizers. In this research, we isolated, did Pb-resistance and fungal pathogenicity test, and later on did hemolysis tests to selected isolates. Our research showed that there were three isolates of PSF was found in our study site. They belong to *Gliocladium* group. The isolates have a potency as Pb mycoremediation agents, as they could grow in a medium consists of up to 100 ppm of Pb. *Gliocladium* is also potential as an environmentally friendly biofertilizer agent. It showed non pathogenic properties to plants and animals.

**Keywords:** Biofertilizer, Mycoremediation, Potassium Solubilizing Fungi

### **ABSTRAK**

Aktivitas penambangan menyebabkan peningkatan cemaran logam Pb yang dapat berdampak negatif pada tumbuhan dan hewan. Aktivitas tersebut juga dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanah. Mikoremediasi merupakan teknik bioremediasi menggunakan fungi. Selain sebagai agen mikoremediasi, fungi juga dapat

berperan sebagai agen biofertilizer yang dapat meningkatkan nutrisi tanah termasuk N, P, dan K. Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi dan menguji potensi fungi pelarut kalium sebagai agen mikoremediasi yang berpotensi sebagai biofertilizer. Metode yang penelitian meliputi isolasi, uji resistensi logam Pb, uji patogenitas fungi dan hemolisis. Berdasarkan hasil penelitian didapat tiga isolat fungi pelarut kalium dari golongan *Gliocladium* yang dapat berpotensi sebagai agen mikoremediasi Pb hingga 100 ppm. *Gliocladium* juga berpotensi sebagai agen biofertilizer yang ramah lingkungan dan tidak patogen terhadap tumbuhan dan hewan.

**Kata kunci:** Biofertilizer, Mikoremediasi, Fungi Pelarut Kalium

## **PENDAHULUAN**

Aktivitas penambangan seperti penambangan timah yang semakin berkembang dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampak negatif dari penambangan yaitu menurunnya produktivitas tanah dan mutu tanah seperti naiknya kadar keasaman tanah dan konsentrasi logam berat (Hermawan, A. *et al.*, 2010). Aktivitas penambangan dan pengolahan biji timah dapat menyebabkan timbulnya limbah batuan dan mineral-mineral ikutan yang mengandung logam berat (Sari, 2015). Logam Pb merupakan salah satu logam yang umum ditemukan di lahan bekas tambang timah (Sukarman & Gani, 2020). Cemaran logam Pb yang tinggi memiliki dampak negatif bagi tumbuhan hewan dan manusia (Hardiani *et al.*, 2016). Oleh karena itu, diperlukan pengendalian terhadap cemaran logam berat Pb di lingkungan terutama lahan bekas tambang Timah.

Bioremediasi merupakan salah satu teknik yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengurangi dampak cemaran logam berat dengan memanfaatkan makhluk hidup. Mikroorganisme seperti halnya fungi, memainkan peran penting sebagai agen mikoremediator dalam proses bioremediasi (Archana & K., 2015). Ahemad & Malik (2011) melaporkan beberapa fungi yang berperan sebagai mikoremediator, antara lain *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp, *Hanerochaete* sp, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Trichoderma* sp.

Selain sebagai agen mikoremediator, fungi juga terlibat dalam siklus hara di dalam tanah (Archana & K., 2015). Beberapa hara yang dibutuhkan dalam berbagai metabolisme tumbuhan adalah Fosfat (P) dan Kalium (K) (Sutarman, 2016). Shanware

*et al* (2014) melaporkan bahwa fungi dapat meningkatkan kandungan P dan K. Fungi dapat melarutkan K yang terikat pada batuan mineral sehingga meningkatkan ketersediaan K di tanah (Prajapati *et al.*, 2012). Peningkatan ketersediaan K dapat meningkatkan daya tumbuh tumbuhan di lahan tersebut. Hal ini diduga berkaitan dengan peran fungi sebagai biofertilizer (Sudiarti, 2017).

Ada banyak metode fisika dan kimia yang dapat digunakan dalam mengatasi cemaran logam, namun metode tersebut tidak ekonomis dan sulit diaplikasikan dalam skala besar (Desmukh *et al.*, 2016). Sebaliknya, metode biologis seperti bioremediasi dilaporkan mampu mengatasi cemaran logam berat yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan. Selain dalam bioremediasi, mikroorganisme juga dapat berperan sebagai agen biofertilizer. Eksplorasi mikroorganisme yang dapat hidup di area terdampak limbah logam berat merupakan tahapan awal dalam melakukan seleksi terkait potensi mikroorganisme sebagai mikoremediator dan biofertilizer. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengisolasi dan menguji potensi Fungi Pelarut Kalium (FPK) dari lahan bekas tambang timah sebagai agen mikoremediator cemaran logam Pb sekaligus potensinya sebagai agen biofertilizer.

## **MATERIAL DAN METODE**

### ***Isolasi dan Indeks Pelarut Kalium Fungi Pelarut Kalium (FPK)***

Isolat FPK merupakan isolat yang didapat dari tanah rizosfer tumbuhan *Acacia mangium* di lahan bekas tambang timah desa Air Jangkang, Bangka. Isolasi FPK mengacu pada metode Pratama *et al.* (2016) yaitu dengan menginkubasi 10 g sampel tanah pada 90 mL *Alexandrof* cair (5,0 g glukosa, 0,5 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,1 g CaCO<sub>3</sub>, 0,006 g FeCl<sub>3</sub>, 2,0 g Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, dan 20,0 g agar ) dan 3,0 g Felspar yang diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Isolat yang telah diinkubasi diencerkan pada NaCl fisiologis (0,85%) dengan pengenceran bertingkat. Sebanyak 0,1 mL pengenceran 10<sup>-4</sup> sampai 10<sup>-6</sup> dipipet dan disebar pada media *Alexandrof* agar. Nilai indeks pelarut kalium ditentukan dengan mengukur lebar zona bening dan diameter koloni (Angraini *et al.*, 2015).

$$\text{IPK} = \frac{\text{diameter zona bening (mm)} - \text{diameter koloni (mm)}}{\text{diameter koloni (mm)}}$$

### ***Peremajaan dan Karakterisasi FPK***

Isolat FPK diremajakan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. FPK dikarakterisasi secara makroskopis yang meliputi; bentuk koloni, warna koloni, tipografi, tekstur, garis radial, garis kosentris, dan ada tidaknya eksudat (Amrullah *et al.*, 2013). Karakterisasi mikroskopis FPK dilakukan dengan memodifikasi metode Prajapati *et al.* (2012) yaitu mengamati bentuk konidia dan ada tidaknya septat pada hifa dengan membuat *slide culture*.

### ***Skrining Logam Berat Pb pada FPK***

Skrining logam berat FPK terhadap Pb dilakukan dengan memodifikasi metode Zulaika *et al.* (2012) yaitu dengan menumbuhkan isolat FPK pada media PDA yang mengandung  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ . Konsentrasi  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$  yang digunakan  $12,5 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $25 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (Sari, 2015). Indikasi adanya FPK yang bersifat resisten ditunjukkan dengan tumbuhnya koloni FPK pada media PDA cemaran Pb (Ahemad & Malik, 2011). Hal ini diduga karena fungi tersebut dapat mensekresikan enzim pendegradasi ekstraseluler dimana proses biodegradasi tersebut dilakukan di luar sel, sehingga fungi memiliki resistensi terhadap toksisitas logam berat (Ahemad & Malik, 2011).

### ***Uji Patogenitas FPK terhadap Tumbuhan***

Uji patogenitas FPK dilakukan untuk mengetahui sifat patogenitas FPK terhadap tumbuhan dan hewan. Uji patogenitas tumbuhan dilakukan dengan memodifikasi metode Pratama *et al.* (2016), yaitu dengan menumbuhkan isolat FPK pada media PDB (*Potato Dextrose Broth*) yang diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Uji patogenitasnya dilakukan terhadap benih padi gogo yang direndam selama 24 jam pada isolat FPK. Selanjutnya, benih padi tersebut ditumbuhkan pada media tisu dengan mengontrol kelembapan tisu menggunakan akuades. Pertumbuhan benih padi tersebut merupakan indikasi bahwa isolat FPK yang diuji tidak patogen terhadap tumbuhan, dan berpotensi sebagai agen biofertilizer.

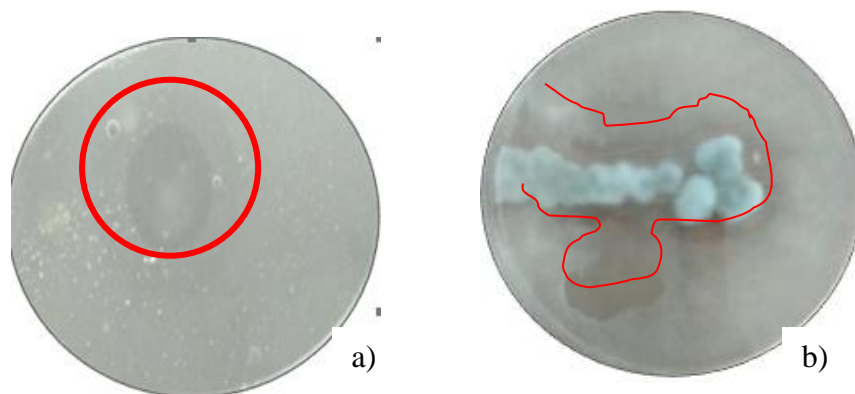
### *Uji Patogenitas FPK terhadap Hewan*

Uji patogenitas pada hewan dilakukan dengan menumbuhkan isolat fungi pada media agar darah domba 5%. Isolat FPK diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Isolat yang tidak membentuk zona bening merupakan indikasi bahwa isolat tersebut tidak patogen terhadap hewan (Prajapati *et al.*, 2012), dan potensial dikembangkan sebagai agen biofertilizer.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Isolasi dan Indeks Pelarut Kalium dari Fungi Pelarut Kalium (FPK)**

Berdasarkan hasil isolasi di lahan bekas tambang timah didapat 3 isolat FPK yang mampu melarutkan kalium dengan membentuk zona bening pada media *Alexandrof* agar yang mengandung felspar (Gambar 1). Terbentuknya zona bening pada media menunjukkan bahwa terlarutnya kalium dari sumber mineral yang di tambahkan. Fungi dapat memproduksi beberapa jenis asam seperti asam oxalik dan asam citrik yang dapat bereaksi dengan batuan mineral seperti felspar dan mika. Asam yang dikeluarkan oleh fungi akan menyebabkan pertukaran ion  $H^+$  dengan ion  $K^+$  kelingkungan sehingga kalium menjadi tersedia ditanah dalam bentuk ion  $K^+$  dan dapat diserap oleh tumbuhan (Huang, Z. *et al.*, 2013).



Gambar 1. Isolat Fungi yang Membentuk Zona Bening; a) isolat FPK 1, b) isolat FPK 2 pada media *Alexandrof* agar dengan tambahan felspar sebagai sumber kalium

Ketiga isolat tersebut diketahui memiliki nilai indeks yang berbeda. indeks tertinggi didapat oleh FPK 1 yaitu sebesar 2,37, sedangkan nilai indeks terkecil didapat

oleh FPK yaitu sebesar 1,52 (Tabel 1). Perbedaan nilai indeks menunjukkan kemampuan melarutkan krium pada setiap fungi berbeda. perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti jumlah asam organik jenis asam organik dan jenis batuan mineral pembawa kalium (Abdel-Salam & Shams, 2012).

Tabel 1. Nilai indeks pelarut kalium oleh fungi pada media *Alexandrof* Agar

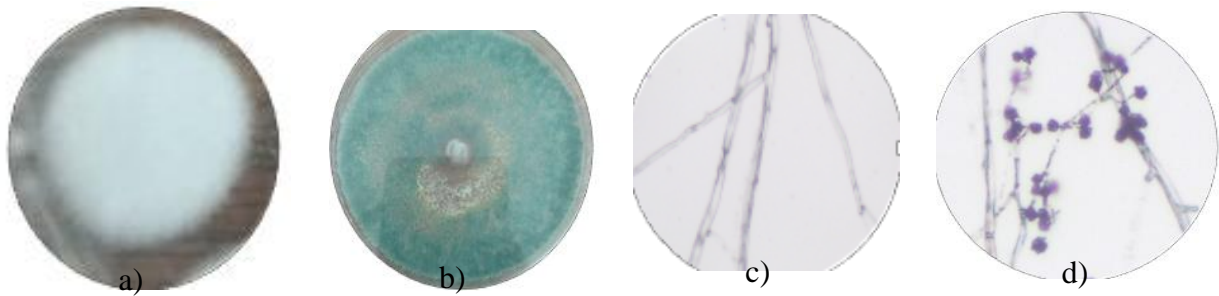
<b>Kode Isolat MPK</b>	<b>IPK (Indeks pelarut Kalium)</b>
FPK 1	2.37
FPK 2	1.52
FPK 3	2.23

Penelitian (Shanware et al., 2014) melaporkan bahwa sejumlah fungi seperti *Cladosporoides*, *Cladosporium* dan *Pencillium* sp. dapat melarutkan kalium dengan menghasilkan sejumlah asam seperti asam oxalik, asam sitrat dan asam glukonat. Asam glukonat memiliki kemampuan melarutkan kalium dari meneral pembawa lebih baik karena mampu melarutkan kalium dari berbagai jenis batuan mineral pembawa kalium. Basak & Biswas (2012) juga melaporkan bahwa jenis mikroba yang sama dapat menghasilkan asam organik dengan jumlah yang berbeda sehingga mempengaruhi kemampuannya dalam melarutkan kalium.

### **Karakterisasi Makroskopis dan Mikroskopis FPK**

Berdasarkan karakterisasi yang telah dilakukan diketahui bahwa ketiga isolat memiliki kemiripan baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki ketiga isolat FPK tersebut diduga berasal dari golongan *Gliocladium* (Gambar 2).

Ketiga fungi memiliki hifa halus dengan pertumbuhan yang cepat serta memiliki pigmentasi bagian bawah coklat muda. *Gliocladium* merupakan salah satu fungi yang memiliki miselia dengan penyebaran yang tinggi, berwarna putih pada media PDA dan akan berwarna hijau kekuningan saat sudah dewasa (Kim et al. 2010). *Gliocladium* secara mikroskopis memiliki hifa bening yang berseptat. Hifa memiliki percabangan yang pada setiap ujung cabangnya membentuk konidiopora berbentuk labu dengan bentuk konidia silindris, oval dan bulat (Oktriana 2011).



Gambar 2. Pengamatan Makroskopis FPK; a) miselia FPK saat masih muda yang bewarna putih saat ditumbuhkan pada media PDA, b) miselia FPK yang berwarna hijau saat sudah dewasa pada medis PDA, c) bentuk hifa berseptat FPK, d) bentuk konidiopora FPK.

#### Kemampuan *Gliocladium* sebagai Agen Mikoremediasi Logam Pb

Isolat fungi *Gliocladium* diketahui mampu tumbuh pada semua konsentrasi Pb yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa *Gliocladium* mampu bertahan hidup dari cemaran logam Pb hingga 100 ppm (Tabel 2).

Tabel 2. Uji resistensi fungi *Gliocladium* terhadap logam Pb dengan berbagai konsentrasi.

Jenis Fungi	Kode isolat	Resistensi logam Pb (ppm)			
		12,5	25	50	100
<i>Gliocladium</i>	FPK 1	√	√	√	√
	FPK 2	√	√	√	√
	FPK 3	√	√	√	√

Keterangan: uji skrining : √ : resisten; x : tidak resisten

Umumnya, sifat resistensi FPK terjadi melalui dua mekanisme yaitu pemisahan *extraselluler* dan pemisahan *Intraselluler*. Pemisahan *extraselluler* yaitu pemisahan melalui khelasi dan mengikat logam pada dinding sel fungi, sedangkan pemisahan *intraselluler* yaitu pemisahan melalui pengikatan oleh protein atau ligan lainnya untuk mengurangi kadar logam dalam sitosol (Ahemad & Malik, 2011). Fungi akan membentuk berbagai mekanisme pertahanan untuk mengurangi kadar toksik logam berat dilingkungan. Mekanisme tersebut dapat mempengaruhi transformasi logam tidak

larut menjadi terlarut. Mekanisme ini melibatkan mekanisme biogeokimiawi yang berpotensi dalam biodegradasi baik secara *in situ* atau *ex situ* (Gadd, 2000).

Tahir (2012) melaporkan *Gliocladium viride* mampu mengabsorpsi logam Cu dengan menghasilkan asam-asam amino pada dinding selnya untuk mengikat logam. Fungi sebagai agen mikoremediasi mereduksi logam berat dengan beberapa cara seperti yaitu biosorpsi, bioakumulasi, biopresipitasi, bioreduksi dan *bioleaching* dengan proses kimiawi melalui modifikasi ataupun mengubah bioavailabilitas (Harms *et al.*, 2011). Biosorpsi oleh fungi merupakan proses penyerapan logam berat oleh fungi. Logam berat yang diserap akan beraksi dengan metabolisme dinding sel fungi sehingga menjadi senyawa yang lebih sederhana dan toksisitas logam menjadi menurun. Hasil reaksi transformasi logam tersebut akan disintesis dan disekresikan oleh fungi ke lingkungan (Kumar *et al.*, 2010). Bioakumulasi oleh mikroba dapat dikelompokkan menjadi biokonsentrasi dan bioakumulasi. Biokonsentrasi merupakan proses peningkatan konsentrasi polutan secara langsung sewaktu berpindah dari lingkungan ke suatu organisme. Sedangkan bioakumulasi adalah absorpsi polutan secara langsung yang terakumulasi melalui nutrisi yang ditambahkan pada organisme (Alia *et al.*, 2015).

Mekanisme bioreduksi logam oleh mikroba yaitu dengan mereduksi racun dari suatu lingkungan atau detoksifikasi. Proses bioreduksi atau biodetoksifikasi oleh mikroorganisme dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Bioreduksi secara langsung terjadi saat mikroba melakukan aktivitas enzimatik, sedangkan mekanisme tidak langsung melibatkan produk metabolisme (reduktan maupun oksidan) melalui reaksi reduksi oksidasi kimiawi (Wani & Ayoola, 2015). Mekanisme *bioleaching* oleh mikroba yaitu mekanisme pelarutan logam berat dari bentuk padat ke bentuk cair yang diikuti oleh proses dekontaminasi matrik padat, berkurangnya jumlah kontaminan, serta berkurangnya paparan dan bioavailabilitas (Ohimain *et al.*, 2009).

### **Potensi *Gliocladium* sebagai Agen Biofertilizer**

Berdasarkan hasil uji patogenitas diketahui bahwa ketiga isolat memiliki reaksi negatif. Hasil negatif tersebut mengindikasikan bahwa isolat *Gliocladium* yang diuji bersifat tidak patogen terhadap hewan dan tumbuhan (Tabel 3). Sifat patogen fungi terhadap tumbuhan ditunjukkan dengan pertumbuhan benih padi yang kerdil,



mengalami nekrosis, dan akar tidak berkembang (Farida, 2017). Benih padi pada setiap isolat diketahui memiliki pertumbuhan normal. Benih menunjukkan pertumbuhan batang dan penyebaran akar yang baik serta tidak mengalami nekrosis (Gambar 3).

Tabel 3. Uji patogenitas *Gliocladium* sebagai calon agen biofertilizer

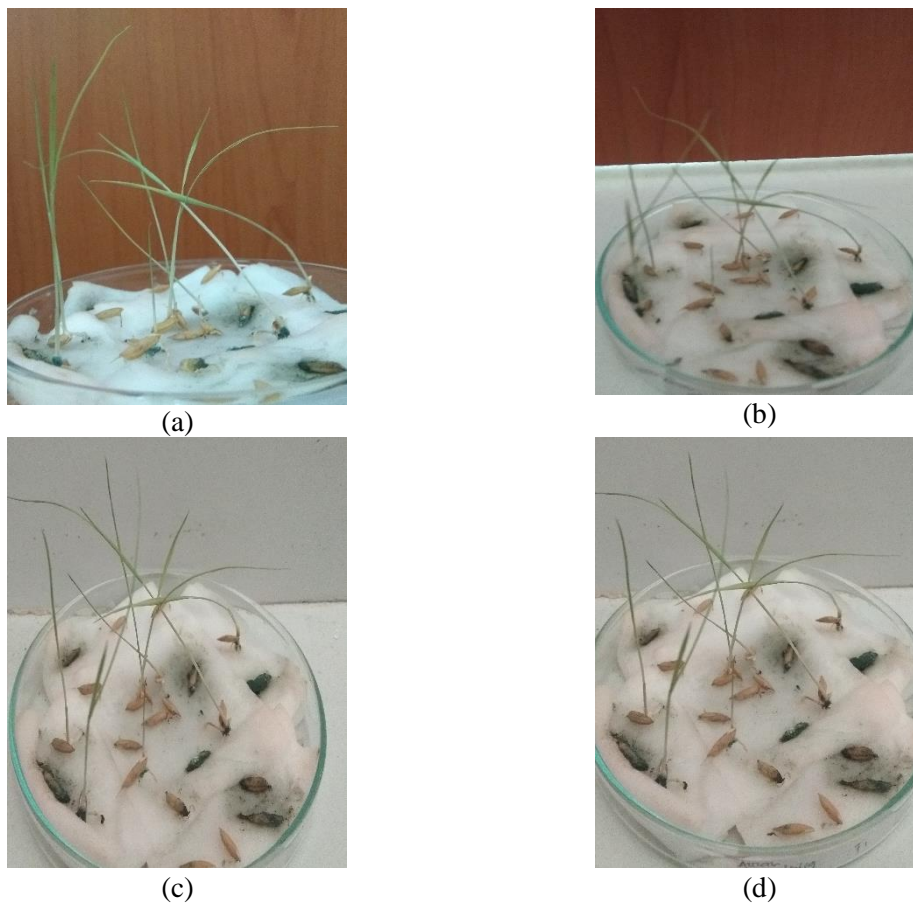
Jenis Fungi	Kode isolat	Uji Hipersensitivitas	Uji Hemolisis
<i>Gliocladium</i>	FPK 1	-	-
	FPK 2	-	-
	FPK 3	-	-

Keterangan: uji hipersensitivitas : + : patogen; - : tidak patogen  
uji hemolisis : + : patogen; - : tidak patogen

Respon negatif yang dihasilkan oleh ketiga fungi menunjukkan bahwa ketiganya tidak memproduksi senyawa toksik yang mampu menghambat pertumbuhan benih. Fungi patogen akan mengeluarkan senyawa toksik atau menghasilkan miselia yang dapat menginfeksi pangkal batang dan akar (Soesanto, 2006). Batang yang terinfeksi akan mengalami bercak kecoklatan pada pangkal batang dan pertumbuhan batang menjadi terhambat akibat gangguan fisiologis tumbuhan (Rofiansyah *et al.*, 2017). Nekrosis pada akar dan batang disebabkan oleh rusaknya atau lisisnya bagian yang terlokalisasi akibat respon sel terhadap racun yang di hasilkan oleh fungi (Zuraidah, 2013). Penelitian lainnya Soesanto (2006) melaporkan bahwa infeksi fungi secara langsung dapat terlihat pada patogen antraknosa yang dapat menghasilkan enzim yang merusak dinding sel kecambah sehingga memudahkan patogen untuk masuk dan menginfeksi kecambah.

Uji patogenitas *Gliocladium* pada hewan juga menunjukkan hasil yang negatif. Hal tersebut di tunjukkan dengan tidak terbentuknya zona bening atau perubahan pada agar darah. Tidak terbentuknya zona bening atau perubahan pada agar darah menunjukkan bahwa *Gliocladium* tidak berbahaya bagi hewan dan dapat diasumsikan juga tidak patogen terhadap manusia. Zona bening pada agar darah disebabkan oleh lisisnya sel darah merah yang terkandung didalam media. Lisisnya sel darah merah

disebabkan oleh produksi senyawa toksin oleh mikroba (Sen *et al.*, 2016). Ada tiga jenis hemolisis darah merah oleh mikroba yaitu, beta hemolisis ( $\beta$ ) merupakan lisis sempurna sel darah merah sempurna sehingga media membentuk zona bening. Alpha hemolisis ( $\alpha$ ) yaitu lisis darah merah sebagian atau berkurangnya methemoglobin yang menyebabkan perubahan warna media sekitar mikroba menjadi abu-abu hingga kuning. Hemolisis yang terakhir yaitu gamma hemolisis ( $\gamma$ ) atau disebut juga non hemolisis karena kurangnya sifat lisis darah merah sehingga media tidak mengalami perubahan (Hikmawati *et al.*, 2019).



Gambar 3. Respon *Gliocladium* Terhadap Benih Padi: a) kontrol negatif akuades steril; b) respon negatif *Gliocladium* 1; c) respon negatif *Gliocladium* 2; d) respon negatif *Gliocladium* 3.

Sifat tidak patogen *Gliocladium* baik pada tumbuhan atau hewan mengindikasikan bahwa *Gliocladium* berpotensi sebagai calon agen biofertilizer. *Gliocladium* dapat menjadi agen pengendali hayati bagi mikroba patogen (Soenartiningsih et al., 2016). (Herlina, 2013) melaporkan *Gliocladium* dapat menghasilkan gliotoksin yaitu senyawa toksik yang dapat menghambat pertumbuhan beberapa bakteri dan fungi patogen. *Gliocladium* juga dapat menghasilkan viridin yang mampu menghambat fungi penyebab penyakit. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa *Gliocladium* mampu menekan serangan layu fusarium pada tumbuhan pisang mas dan juga menghasilkan hormon pertumbuhan sebagai agen *Plant-Growth Promoting Rhizoacteria* (PGPR) (Hikmawati et al., 2019). Kaewchai et al. (2009) juga melaporkan bahwa kombinasi fungisida *Gliocladium virens* dan *Trichoderma harzianum* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menekan serangan patogen dan meningkatkan produktivitas tanah seperti penyediaan nutrisi dan pelarutan bahan organik tanah.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian ini diketahui Fungi Pelarut Kalium (FPK) yang berhasil diisolasi dari tanah rizosfer *Acacia mangium* merupakan fungi dari golongan *Gliocladium*. Ketiga isolat *Gliocladium* yang diperoleh bersifat resisten terhadap cemaran logam Pb hingga 100 ppm. Sifat resisten *Gliocladium* dapat diindikasikan sebagai salah satu mekanisme mikoremediasi *Gliocladium* dalam mengadsorpsi logam Pb di tanah. Selain berpotensi sebagai agen mikoremediasi *Gliocladium* juga berpotensi sebagai agen biofertilizer karena bersifat tidak patogen terhadap tumbuhan dan hewan. *Gliocladium* juga telah dilaporkan mampu memproduksi hormon pertumbuhan dan agen pengendali hayati mikroba patogen bagi tumbuhan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Abdel-Salam, M. A., & Shams, A. S. (2012). Feldspar-K Fertilization of potato (*Solanum tuberosum* L.) augmented by biofertilizer. & *Environ. Sci*, 12(6), 694–699. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2012.12.06.1802>

- Ahemad, M., & Malik, A. (2011). Bioaccumulation of heavy metals by zinc resistant bacteria isolated from agricultural soils irrigated with wastewater. *Bacteriology Journal*, 2(1), 12–21. <https://doi.org/10.3923/bj.2012.12.21>
- Alia, N., Sardar, K., Said, M., Salma, K., Sadia, A., Sadaf, S., Toqeer, A., & Miklas, S. (2015). Toxicity and bioaccumulation of heavy metals in spinach (*Spinacia oleracea*) grown in a controlled environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(7), 7400–7416. <https://doi.org/10.3390/ijerph120707400>
- Amrullah, M., Nawir, N. H., Abdullah, A., & Tambaru, E. (2013). *Isolasi jamur mikroskopik pendegradasi lignin dari beberapa substrat alami Mudjahidah*. 4(7), 19–25.
- Angraini, E., Mubarik, N. R., & Widyastuti, R. (2015). Study of potassium solubilizing bacteria from limestone mining area in Palimanan, Cirebon Quarry. *Jurnal of Microbiology*, 12(1), 62-68.
- Archana, & K., A. J. (2015). Mycoremediation : utilization of fungi for reclamation of heavy metals at their optimum remediation conditions. *Biolife*, 3(1), 77–106.
- Basak, B., & Biswas, D. (2012). *Modification of waste mica for alternative source of potassium: evaluation of potassium release in soil from waste mica treated with potassium solubilizing bacteria (KSB)*.
- Desmukh, R., Khardenavis, A. A., & Purohit, H. J. (2016). Diverse metabolic capacities of fungi for bioremediation. *Jurnal Microbiology India*, .
- Farida, N. (2017). *Cendawan patogen pada bibit dan kejadian penyakit pada krisan di Kota Batu, Jawa Timur*. Intitute Pertanian Bogor.
- Gadd, G. M. (2000). Bioremedial potential of microbial mechanisms of metal mobilization and immobilization. *Current Opinion in Biotechnology*, 271–279.
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2016). Bioremediasi logam timbal (pb) dalam tanah terkontaminasi limbah sludge industri kertas proses deinking. *Jurnal Selulosa*, 1(01), 31–41. <https://doi.org/10.25269/jsel.v1i01.18>
- Harms, H., Schlosser, D., & Wick, L. Y. (2011). Untapped potential: Exploiting Fungi in Bioremediation of Hazardous Chemicals. *Jurnal Nature Reviews Microbiology*, 9.

- Herlina, L. (2013). Uji potensi *Gliocladium* sp terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat. *Journal of Biology & Biology Education*, 5(2), 88–93. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v5i2.2747>
- Hermawan, A., Asmarhansyah, & Choliq, A. (2010). *Transformasi petani menjadi penambang timah di Bangka Belitung. Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Hikmawati, F., Susilowati, A., & Ratna, S. (2019). Deteksi jumlah dan uji patogenitas *Vibrio* spp . pada kerang hijau (*Perna viridis*) di kawasan Wisata Pantai Yogyakarta. *J Pros Sem Nas Masy Biodiv Indo*, 5(2), 334–339. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050234>
- Huang, Z., He, L., Sheng, X., & He, Z. (2013). Weathering of potash feldspar by *Bacillus* sp. L11. *Wei sheng wu xue bao. Jurnal Acta Microbiologica Sinica*. 53, 1172-1178.
- Kaewchai, S., Soyong, K., & Hyde, K. D. (2009). Mycofungicides and fungal biofertilizers. *Fungal Diversity*, 38, 25–50.
- Kumar, A., Singh Bisht, B., & Datt Joshi, V. (2010). Biosorption of heavy metals by four acclimated microbial species, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp. and *Aspergillus niger*. *J. Biol. Environ. Sci*, 4(12), 97–108.
- Ohimain, E. I., Olu, D. S., & Abah, S. O. (2009). Bioleaching of heavy metals from abandoned mangrove dredged spoils in the niger delta ; a laboratory study. *Delta*, 7(9), 1105–1113.
- Prajapati, K., M.C.SHARMA, & MODI, H. A. (2012). *Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils*. 4297(May), 71–75.
- Pratama, D., Anas, I., & Suwarno. (2016). Ability of potassium-solubilising microbes to solubilise feldspar and their effects on sorghum growth. *Malaysian Journal of Soil Science*, 20, 163–175.
- Rofiansyah, R., Sopiialena, S., & Sila, S. (2017). Inventarisasi cendawan mikro serta potensinya sebagai biofertilizer dan agensia pengendali hayati pada lahan reklamasi tambang batu bara Di Samarinda. *Jurnal AGRIFOR*,.
- Sari, E. K. A. (2015). *Eksplorasi vegetasi fitoremediator dan bakteri rizosfer resisten logam berat Pb dan Sn di lahan bekas tambang timah Pulau Bangka.*

- Sen, A., Padhan, D., & Poi, S. C. (2016). Isolation and characterization of mineral potassium solubilizing bacteria from rhizosphere soils. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(2), 705–710. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i2.861>
- Shanware, A. S., Kalkar, S. A., & Trivedi, M. M. (2014). Potassium solublisers: occurrence, mechanism and their role as competent biofertilizers. *International Journal of Current.Microbiol and Applied.Sciences*, 3(9), 622–629.
- Soenartiningasih, Aqil, M., & Andayani, N. N. (2016). *Strategi Pengendalian Cendawan Fusarium sp . dan Kontaminasi Mikotoksin pada Jagung. 11.*
- Soesanto, L. (2006). *Penyakit Pascapanen*. Kanisius.
- Sudiarti, D. (2017). The effectiveness of biofertilizer on plant growth soybean edamame (Glycin Max). *None*, 1(2), 46–55.
- Sukarman, N., & Gani, R. A. (2020). Lahan bekas tambang timah di pulau bangka dan belitung, indonesia dan kesesuaiannya untuk komoditas pertanian. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 41(2), 101. <https://doi.org/10.21082/jti.v41n2.2017.101-114>
- Sutarman, M. (2016). *Biofertilizer fungi Trichoderma & Mikoriza*. UMSIDA PRESS.
- Tahir, A. (2012). *Resistant Fungal Biodiversity of Electroplating Effluent And Their Metal Tolerance Index (Ed) D Sebayang.*
- Wani, P. A., & Ayoola, O. H. (2015). Bioreduction of cr (vi) by heavy metal resistant pseudomonas species. *Journal of Environmental Science and Technology*, 8(3), 122–130. <https://doi.org/10.3923/jest.2015.122.130>
- Zulaika, E., Luqman, A., Arindah, T., & Sholikah, U. (2012). *Bakteri resisten logam berat yang berpotensi sebagai biosorben biosorben dan bioakumulator. 1–5.*
- Zuraidah. (2013). *Pengujian beberapa bakteri penghambat pertumbuhan Xanthomonas oryzae pv. oryzae pada tanaman padi. 5, 18–24.*