

Profil Protein Isolat Bakteri Resisten Merkuri Dari Pertambangan Emas Rakyat Di Desa Pongkor, Bogor-Jawa Barat, Indonesia

Profile Protein of Mercury-Resistant Bacteria Isolate from People's Gold Mining at Bogor-West Java, Indonesia

Patricia¹ dan Wahyu Irawati^{2*}

¹Program Studi Biologi, Fakultas sains dan Matematika, Universitas Pelita Harapan
Jalan M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Karawaci, Tangerang 15811, Indonesia

²Program Studi Biologi, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Pelita Harapan
Jalan M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Karawaci, Tangerang 15811, Indonesia
Email : w.irawati3@gmail.com *Penulis untuk korespondensi

Abstract

Mercury pollution due to gold mining at Pongkor Village can threaten the life of organisms because mercury is toxic. Bioremediation can be considered to reduce mercury concentration in the water. The mercury-resistant bacteria can be isolated from the area and may be developed as mercury bioremediation agents. This study aims to isolate mercury-resistant bacteria, test their resistance to mercury, and conduct protein profile studies after mercury induction. The mercury-resistant bacteria were isolated from soil samples in the Pongkor Village gold mining area and the isolate resistance to HgCl₂ was measured based on the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) value. The protein profile was analyzed using SDS PAGE gel electrophoresis. The results showed that two of the most resistant bacterial isolates to mercury were HgP1 and HgP2 with MIC value was 575 ppm. The protein profile showed that mercury induced decreased protein synthesis under normal conditions and increased synthesis of one protein suspected to play a role in the mechanism of bacterial resistance to mercury.

Keywords: HgP1, HgP2, mercury, protein profile, resistant

Abstrak

Pencemaran merkuri akibat pertambangan emas di Desa Pongkor dapat mengancam kehidupan organisme karena merkuri bersifat toksik sehingga harus dipikirkan cara bioremediasi yang dapat menurunkan konsentrasi merkuri di perairan. Bakteri resisten merkuri dapat diisolasi dari daerah tersebut dan dapat dikembangkan sebagai agen bioremediasi merkuri. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri resisten merkuri, menguji resistensinya terhadap merkuri, serta melakukan studi profil protein setelah penginduksian merkuri. Bakteri resisten merkuri diisolasi dari sampel tanah di area pertambangan emas rakyat Desa Pongkor dan resistensi isolat terhadap HgCl₂ diukur berdasarkan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Profil protein dianalisis dengan menggunakan SDS PAGE gel elektroforesis. Hasil penelitian menunjukkan adanya dua isolat bakteri yang paling resisten terhadap merkuri yaitu HgP1 dan HgP2 dengan nilai MIC sebesar 575 ppm. Hasil profil protein menunjukkan bahwa penginduksian merkuri mengakibatkan penurunan sintesis protein pada kondisi normal dan peningkatan sintesis suatu protein yang diduga berperan dalam mekanisme resistensi bakteri tersebut terhadap merkuri.

Kata kunci : HgP1, HgP2, merkuri, profil protein, resisten

Diterima: 24 Juni 2016, disetujui: 05 Agustus 2016

Pendahuluan

Desa Pongkor merupakan suatu daerah yang tercemar merkuri karena adanya aktivitas

pertambangan emas. Dalam PP No.18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, nilai ambang batas untuk merkuri adalah 0,01 ppm, sedangkan

sampel tanah di daerah pertambangan emas rakyat di daerah Pongkor memiliki rata-rata konsentrasi merkuri sebesar 220 ppm (Hidayati dkk, 2009; Juliawan, 2006; Ardiwilaga dkk, 1998).

Pencemaran merkuri merupakan salah satu kasus pencemaran lingkungan yang serius dan memiliki dampak negatif bagi kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena merkuri merupakan senyawa yang toksik dan memiliki afinitas yang sangat kuat terhadap kelompok *thiol* dari protein (Zeyaulah dkk, 2010). Merkuri dapat masuk ke rantai makanan dan jika dikonsumsi oleh manusia dalam jangka panjang dapat menyebabkan dampak yang buruk bagi kesehatan manusia, seperti melemahnya sistem saraf, kerusakan permanen pada otak yang mengakibatkan tremor, kerusakan paru-paru, ginjal, kulit, iritasi mata, pengurangan daya ingat, pendengaran atau penglihatan, menyebabkan janin cacat bahkan meninggal (Kiyono dan Hou, 2006). Mengingat dampak pencemaran merkuri bagi kesehatan manusia maka perlu dipikirkan cara pengolahan limbah yang dapat menurunkan konsentrasi merkuri di daerah tercemar.

Pengolahan limbah secara biologis akhir-akhir ini banyak dikembangkan karena lebih murah dan ramah lingkungan dibandingkan secara kimia. Penelitian dalam bidang mikrobiologi lingkungan telah menemukan adanya bakteri yang memiliki sifat resistensi terhadap merkuri dan dapat membersihkan merkuri dari lingkungan tercemar. Menurut Nascimento dan Souza (2003), sifat resistensi bakteri terhadap merkuri secara genetik dikendalikan oleh gen operon *mer* yang menyandi detoksifikasi Hg^{2+} secara enzimatis menjadi logam merkuri yang tidak toksik. Bakteri resisten terhadap merkuri dapat menghasilkan enzim organomerkurilias (MerB) yang mengkatalisis pemutusan ikatan merkuri-karbon sehingga dihasilkan senyawa organik dan ion Hg^{2+} . Rojas dkk (2011) mengatakan bahwa, ion Hg^{2+} selanjutnya direduksi menjadi Hg^0 oleh enzim merkuri reduktase. Bentuk Hg^0 merupakan bentuk yang bersifat kurang toksik serta mudah menguap sehingga dapat dievaporasikan dari sel bakteri dan lingkungannya. Mekanisme resistensi bakteri tersebut secara awal dapat

dilihat dari perubahan profil protein isolat bakteri setelah penginduksian merkuri.

Bakteri resisten merkuri dapat diisolasi dari lingkungan yang terkontaminasi merkuri dan bakteri tersebut sangat potensial untuk dijadikan agen dalam upaya bioremediasi lingkungan yang tercemar merkuri (Zeyaulah dkk, 2010). Pemahaman tentang karakteristik fisiologis dan studi profil protein bakteri resisten merkuri merupakan penelitian awal agar bakteri tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal dalam upaya bioremediasi lingkungan yang tercemar merkuri. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi, uji resistensi, serta mengetahui profil protein bakteri resisten merkuri.

Metode Penelitian

Galur Bakteri dan Medium Pertumbuhan

Bakteri resisten merkuri diisolasi dari sampel tanah di area pertambangan emas rakyat di Desa Pongkor, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Medium cair dibuat dengan melarutkan 2 gram Luria Bertani dalam 100 ml akuades. Medium padat dibuat dengan menambahkan 1,5 % agar oxid. Medium disterilkan dengan autoklaf suhu $121^{\circ}C$, tekanan 1 atm, selama 15 menit. Larutan stok merkuri berupa $HgCl_2$ dibuat dengan konsentrasi 50.000 ppm dan ditambahkan ke dalam medium yang telah disterilkan (Irawati dkk, 2012).

Isolasi dan Seleksi Bakteri Resisten Merkuri

Isolasi bakteri resisten merkuri dilakukan dengan metode sebar pada medium agar Luria Bertani (LB) ditambah dengan 100 ppm merkuri ($HgCl_2$). Sampel tanah dari area pertambangan emas yang tercemar merkuri dimasukkan ke dalam media Luria Bertani (LB) cair 500 ml kemudian digojog selama 24 jam. Sampel tanah dilarutkan dengan air steril dengan pengenceran 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , dan 10^{-4} kemudian masing-masing suspensi dari pengenceran tersebut diambil dan disebarkan pada media agar Luria Bertani (LB) yang mengandung $HgCl_2$ 100 ppm dan diinkubasi pada suhu $37^{\circ}C$ selama 24 jam.

Koloni yang tumbuh diseleksi dan diberi kode kemudian dilakukan pemurnian sehingga diperoleh koloni tunggal. Pemurnian isolat

bakteri dilakukan dengan mengambil koloni yang terpisah dan tampak jelas berbeda dengan jarum ose dan digoreskan pada cawan petri berisi medium agar LB yang mengandung HgCl₂ 100 ppm, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Koloni tunggal diambil dan ditanam pada medium agar miring yang mengandung HgCl₂ 100 ppm.

Pengamatan Morfologi Koloni dan Sel

Pengamatan morfologi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi morfologi koloni dan morfologi sel dengan pewarnaan Gram. Pengamatan morfologi koloni dilakukan secara visual terhadap bentuk koloni, warna koloni, bentuk tepian dan elevasi. Pewarnaan Gram dilakukan dengan beberapa tahapan. Pewarnaan Gram dilakukan menurut Madigan dkk. (2009). Gelas benda yang sudah ditetesi dengan air dioleskan dengan koloni isolat bakteri kemudian dikering anginkan dan difiksasi di atas bunsen. Sampel ditetesi dengan kristal violet dan didiamkan selama satu menit kemudian dibilas dengan air mengalir. Larutan iodin diteteskan pada sampel dan didiamkan selama satu menit kemudian dibilas dengan air mengalir. Sampel ditetesi dengan *decolorant* sampai warna ungu berhenti terlepas dari sampel kemudian dibilas dengan air mengalir. Sampel ditetesi dengan safranin dan didiamkan selama satu menit kemudian dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan.

Morfologi sel yang diamati meliputi klasifikasi Gram dan bentuk sel bakteri yang diamati di bawah mikroskop cahaya Carl Zeiss dengan perbesaran lensa objektif 100 kali yang disambungkan dengan kamera Canon PowerShot A640.

Pengujian Resistensi Bakteri Terhadap Merkuri

Pengujian resistensi bakteri terhadap merkuri dilakukan dengan menentukan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Pengujian MIC dilakukan secara bertahap pada medium agar LB yang masing-masing mengandung berbagai konsentrasi HgCl₂, yaitu dari 25-600 ppm dengan kisaran 25 ppm. Pengujian MIC dilakukan dengan metode *streak plate* sampai tidak ada koloni yang tumbuh pada medium. Konsentrasi awal HgCl₂ yang

digunakan adalah 25 ppm. Larutan stok HgCl₂ yang digunakan adalah 50.000 ppm yang dilarutkan pada air steril dan disterilisasi dengan autoklaf pada 121°C, 15 psi selama 15 menit. Konsentrasi paling rendah dari HgCl₂ yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri merupakan nilai MIC yang ditentukan setelah 48 jam inkubasi pada 37°C (Raja dkk, 2006).

Profil Protein Intraseluler Isolat Bakteri Setelah Penginduksian Merkuri

Preparasi sel dilakukan menurut Harwood dan Gordon (1990). Kultur bakteri (1 ml) diinokulasikan ke dalam 25 ml medium LB dan diinkubasi pada suhu 37°C. Kultur bakteri dipanen pada saat tertentu dilihat dari kurva pertumbuhan bakteri. Kultur disentrifugasi 4.000 rpm selama 15 menit untuk menghasilkan supernatan (medium pertumbuhan) dan *pellet* (sel). *Pellet* dicuci dengan *buffer* fosfat pH 7 untuk menghilangkan medium yang tersisa sehingga dihasilkan sel bebas medium. Sel disuspensikan ke dalam 25 ml *buffer* fosfat pH 7 kemudian disonikasi selama 45 detik (OD bakteri= 0,8) untuk memecah sel secara mekanik. Ekstrak hasil sonikasi disentrifugasi 13.000 rpm selama 5 menit untuk menghasilkan supernatan (protein intraseluler) dan *pellet* (pecahan membran dan dinding sel). Supernatan digunakan untuk analisis protein intraseluler.

Sampel dipekatkan dengan menggunakan aseton (perbandingan 1:2). Sampel diinkubasi pada suhu -20°C selama satu malam. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan *pellet* (protein intraseluler) dan supernatan (aseton). *Pellet* dikeringanginkan selama ±2 jam pada -20°C dan diresuspensi dengan *buffer* fosfat pH 7 (Caldwell & Lattemann, 2004).

Protein intraseluler dielektroforesis dengan menggunakan *Sodium Dodecyl Sulfate Poly-acrylamide Gel Electrophoresis* (SDS-PAGE) menurut metode Laemly (1970). Gel terdiri dari dua bagian, yaitu *stacking gel* dan gel pemisah. Konsentrasi *acrylamide* pada *stacking gel* 4% dan pada *resolving gel* 12%. Tebal gel 1,5 mm dengan tegangan konstan 200V. Komposisi larutan *stacking gel* terdiri dari 30% *acrylamide*: 0,8% *bis-acrylamide*; 1M Tris-HCl pH 6,8; 10% *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS); tetrametilendiamine (TEMED); dan 10%

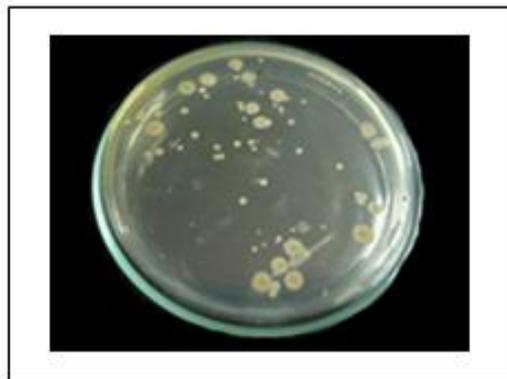
ammonium persulfat (APS). Komposisi larutan gel pemisah sama dengan *stacking gel* tetapi 1M Tris-HCl yang digunakan adalah dengan pH 8,6. Sampel (28µl) diinjeksikan ke dalam masing-masing sumuran pada *stacking gel*. *Running buffer* yang digunakan untuk SDS-PAGE adalah *running buffer* (1X). *Running buffer* dibuat dengan mencampurkan Tris dengan glisin dan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) beserta dH₂O. *Sample buffer* dibuat dengan mencampurkan Tris HCl 1 M pH 6,8 dengan gliserol, 10% *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS), 2-merkaptotanol, *bromophenol blue*, dan dH₂O. Larutan dihomogenisasikan menggunakan *stirrer* dan disimpan pada suhu 4°C. *Stain solution* dibuat dengan mencampurkan *coomassie blue R-250* dengan metanol, dan dH₂O. Larutan ini kemudian dihomogenisasikan dengan menggunakan *stirrer* dan ditambahkan dengan asam asetat glasial. *Destain solution* dibuat dengan mencampurkan metanol dengan

asam asetat glasial beserta dH₂O. Larutan dihomogenisasikan menggunakan *stirrer*.

Hasil dan Pembahasan

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Resisten Merkuri

Hasil isolasi bakteri resisten merkuri dari tanah di Desa Pongkor pada medium yang mengandung 100 ppm HgCl₂ menunjukkan adanya dua macam isolat. Isolat tersebut masing-masing diberi kode isolat HgP1 dan HgP2. Pemilihan konsentrasi HgCl₂ sebesar 100 ppm didasarkan pada tingkat pencemaran merkuri di Desa Pongkor yang sudah melebihi ambang batas yaitu 200 ppm (Hidayati dkk, 2009) sehingga diharapkan pada tahapan isolasi ini hanya diperoleh isolat (Gambar 1.) yang paling resisten. Karakterisasi morfologi koloni isolat HgP1 dan HgP2 dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Pertumbuhan bakteri dari sampel tanah pada medium LB agar yang mengandung 100 ppm HgCl₂.

Tabel 1. Morfologi koloni isolat bakteri resisten merkuri

Kode Isolat	Morfologi Koloni				
	Warna koloni	Bentuk koloni	Tepi koloni	Elevasi koloni	Hasil pewarnaan Gram
HgP1	Kuning <i>translucent</i> , bagian tengah berwarna kuning kehitaman apabila konsentrasi HgCl ₂ semakin tinggi	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Raised</i>	Negatif
HgP2	Putih kuning <i>translucent</i> , bagian tengah berwarna lebih gelap jika konsentrasi HgCl ₂ semakin tinggi	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Raised</i>	Negatif

Keterangan: Pengamatan morfologi koloni dilakukan dengan melihat warna, bentuk, tepi, dan elevasi koloni.

Pengamatan morfologi sel dengan pewarnaan Gram menunjukkan bahwa isolat HgP1 dan HgP2 merupakan bakteri Gram negatif yang berbentuk batang. Santi & Goenadi (2009) mengatakan bahwa bakteri Gram negatif menunjukkan toleransi terhadap logam berat yang lebih besar daripada Gram positif karena memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks yang mampu mengikat dan mengimobilisasi ion logam termasuk Hg^{2+} . Menurut Madigan dkk (2009) dan Nies (1999) struktur dinding sel bakteri Gram negatif tersusun atas peptidoglikan yang tipis, membran luar (tersusun atas fosfolipid, lipoprotein, lipopolisakarida, protein), dan protein perifer. Bagian yang sangat berperan dalam menanggapi toksisitas terhadap logam berat adalah struktur kompleks yang terdapat pada bagian membran luar dari bakteri Gram negatif.

Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada genus *Serratia*, *Shigella*, *Enterobacter* (Shovitri dkk, 2010), dan *Pseudomonas* (Jaysankar dkk, 2008) merupakan bakteri Gram negatif yang telah banyak dilaporkan sebagai bakteri resisten merkuri. Santi & Goenadi (2009) juga melaporkan bahwa bakteri Gram negatif lebih banyak dijumpai resisten terhadap logam berat dibandingkan dengan bakteri Gram positif.

Pengujian Resistensi Bakteri Terhadap Merkuri

Hasil pengujian resistensi berdasarkan nilai MIC menunjukkan bahwa batas minimum konsentrasi yang mulai menghambat pertumbuhan isolat HgP1 dan HgP2 (Gambar 2 dan 3) adalah 575 ppm $HgCl_2$. Hal ini menunjukkan bahwa isolat HgP1 dan HgP2 memiliki resistensi 7 kali lipat lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian sebelumnya. Mortazavi dkk (2005) melaporkan bahwa *Pseudomonas putida* yang ditumbuhkan pada media Pepton broth dengan suhu 37°C memiliki MIC sebesar 80 ppm $HgCl_2$.

Tingginya resistensi isolat HgP1 dan HgP2 terhadap $HgCl_2$ mungkin disebabkan oleh adanya suatu mekanisme resistensi isolat bakteri terhadap merkuri seperti yang terjadi pada bakteri resisten merkuri lain yang pernah dilaporkan yaitu dengan cara mengakumulasi dan mendetoksifikasi ion Hg^{2+} menjadi Hg^0

(Ruiz dkk, 2011; Rojas dkk, 2011). Kemampuan isolat HgP1 dan HgP2 untuk tumbuh dengan keberadaan $HgCl_2$ yang sangat tinggi berpotensi untuk diaplikasikan dalam proses pengolahan limbah yaitu mikroorganisme secara langsung terlibat dalam dekomposisi material organik (Raja dkk, 2009).

Gambar 3E dan 3F menunjukkan bahwa penambahan 250-300 ppm $HgCl_2$ menyebabkan perubahan warna koloni isolat HgP2 menjadi kehitaman. Perubahan warna koloni menunjukkan mekanisme resistensi dengan cara akumulasi seperti yang terjadi pada bakteri transgenik *Escherichia coli* (Ruiz dkk, 2011) sebelum terjadinya proses detoksifikasi untuk mereduksi ion Hg^{2+} menjadi ion Hg^0 (Nascimento & Souza, 2003).

Menurut Ruiz dkk. (2011), perubahan morfologi koloni menjadi kehitaman pada bakteri transgenik *Escherichia coli* disebabkan protein *metallothionein* di dalam sitoplasma yang berperan mengikat logam berat. *Metallothionein* dapat meningkatkan resistensi dan akumulasi bakteri terhadap logam berat. *Metallothionein* merupakan protein pengikat logam yang memiliki berat molekul rendah dan kaya akan sistein. Protein ini dikodekan oleh gen *mt* yang dapat mengikat ion logam dalam bentuk yang tidak aktif. Perubahan warna koloni menjadi hitam secara selular digunakan sebagai penanda untuk menentukan perkembangan proses bioremediasi yang sedang terjadi. Pengaruh pemberian merkuri terhadap perubahan sintesis protein isolat bakteri HgP1 dapat diamati pada studi profil protein bakteri setelah penginduksian merkuri.

Profil Protein Intraseluler Isolat Bakteri Setelah Penginduksian Merkuri

Bakteri yang terpapar merkuri konsentrasi tinggi akan menanggapi cekaman dengan mengembangkan beberapa mekanisme resistensi yang melibatkan protein maupun enzim (Hughes & Poole, 1989). Profil protein intraseluler isolat bakteri HgP1 setelah penginduksian merkuri dapat dilihat pada Gambar 4.

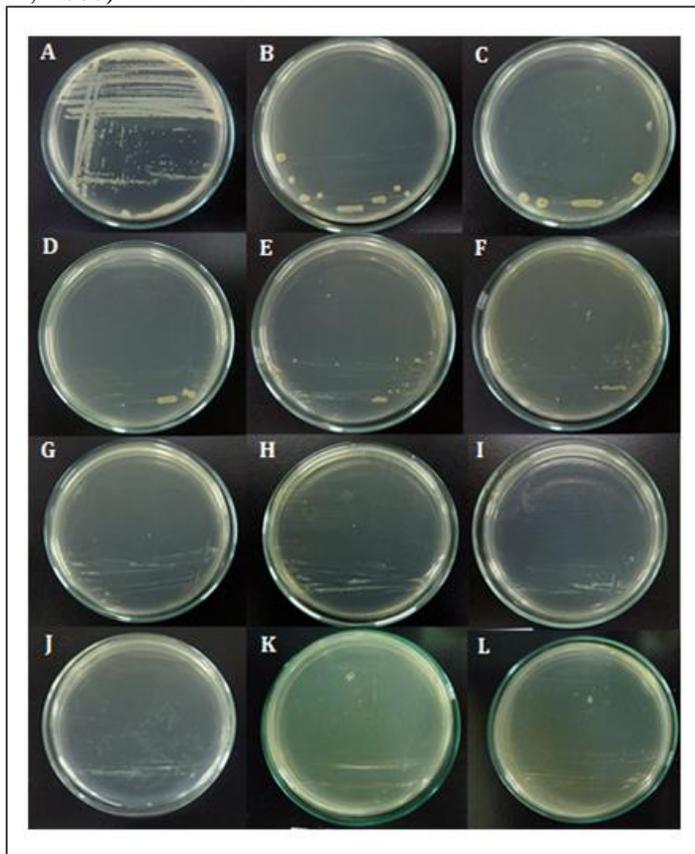
Gambar 4 menunjukkan bahwa pita protein tanpa penginduksian dan setelah penginduksian dengan logam berat menunjukkan adanya perbedaan ekspresi gen. Pada kondisi tanpa penginduksian dengan merkuri, pita

Profil Protein Isolat Bakteri Resisten Merkuri

protein yang dihasilkan lebih banyak jika dibandingkan yang diinduksi dengan merkuri. Hal ini menunjukkan bahwa protein seluler merupakan salah satu target utama dari logam berat (Gamal, 2008). Penginduksian merkuri menyebabkan protein yang berperan dalam kondisi normal mengalami penurunan ataupun tereliminasi (ditunjukkan dengan panah 1, 2, 3 dan 5) serta menyebabkan adanya peningkatan sintesis satu jenis protein yang diduga erat berkaitan dengan mekanisme resistensi terhadap merkuri (ditunjukkan dengan panah 4).

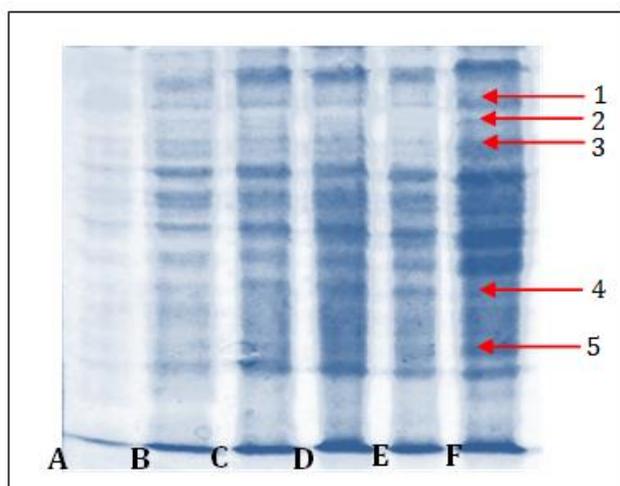
Hasil profil protein ini sama dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan pada *Cyprinus carpio* (Gamal, 2008) dan Irawati dkk

(1997) pada isolat bakteri resisten tembaga galur B4. *Cyprinus carpio* mengalami perubahan ekspresi protein ketika diinduksi dengan kadmium. Perubahan yang terjadi adalah eliminasi beberapa pita protein dan protein secara keseluruhan ataupun pembentukan pita protein yang baru. Konsentrasi kadmium yang tinggi dapat mengeliminasi lima belas pita protein dan pembentukan dua belas pita protein yang baru (Gamal, 2008). Isolat B4 mengalami penurunan sintesis protein yang berperan dalam kondisi normal dan mensintesis dua protein spesifik setelah penginduksian dengan tembaga (Irawati dkk, 1997).



Gambar 3. Hasil pengujian MIC pada isolat HgP2.

Uji resistensi dilakukan dengan menentukan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) secara bertahap pada medium agar LB yang mengandung berbagai konsentrasi $HgCl_2$ dengan cara *streak plate*. Konsentrasi paling rendah dari $HgCl_2$ yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri merupakan nilai MIC yang ditentukan setelah 48 jam inkubasi pada $37^\circ C$. (A) Kontrol tanpa pemberian $HgCl_2$; (B) 100 ppm $HgCl_2$; (C) 150 ppm $HgCl_2$; (D) 200 ppm $HgCl_2$; (E) 250 ppm $HgCl_2$; (F) 300 ppm $HgCl_2$; (G) 350 ppm $HgCl_2$; (H) 400 ppm $HgCl_2$; (I) 450 ppm $HgCl_2$; (J) 500 ppm $HgCl_2$; (K) 550 ppm $HgCl_2$; (L) 575 ppm $HgCl_2$. Tanda panah putih menunjukkan perubahan warna koloni.



Gambar 4. Profil protein intraseluler isolat bakteri HgP1 pada pemberian 50 dan 100 ppm HgCl₂ beserta kontrol.

Profil protein intraseluler isolat HgP1 dipisahkan dengan menggunakan SDS-PAGE gel elektroforesis dengan tegangan 200 volt selama 45 menit pada *resolving gel* 12% dan *stacking gel* 4%. Protein intraseluler pada pemberian 50 ppm HgCl₂ (A) OD= 0,80; (B) OD= 2,00; (C) OD= 2,70; Protein intraseluler pada pemberian 100 ppm HgCl₂ (D) OD= 2,60; (E) OD= 3,10; (F) kontrol (tanpa pemberian HgCl₂) dengan OD= 2,09. Tanda panah merah menunjukkan perubahan ekspresi protein.

Protein merupakan molekul efektor primer yang dipengaruhi oleh lingkungan, kondisi fisiologis dan patologi (Gamal, 2008). Sel memerlukan proses adaptasi dalam menanggapi kondisi cekaman. Selama proses adaptasi terjadi penyesuaian kecepatan dan arah rangkaian reaksi metabolik. Pengendalian ini mengakibatkan peningkatan atau penurunan jumlah enzim, perubahan macam enzim yang bekerja, dan pengendalian fungsi enzim yang sudah ada (Hochachka dan Somero, 1973).

Simpulan

Profil protein menunjukkan bahwa penginduksian merkuri mengakibatkan penurunan sintesis protein pada kondisi normal dan peningkatan sintesis suatu protein yang diduga berperan dalam mekanisme resistensi bakteri tersebut terhadap merkuri.

Daftar Pustaka

- Ardiwilga, S., Marganingrum, D., Supriadijaja, A. dan Sukmayadi, D. 1998. Pemantauan kualitas lingkungan di unit pertambangan emas Pongkor (PT Aneka Tambang). *Laporan Penelitian Puslitbang Geoteknologi-LIPI*. halaman. 67-77.
- Caldwell, R.B. dan Lattemann, C.T. 2004. Simple and reliable method to precipitate proteins from bacterial culture supernatant. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 610-612.
- Gamal, A.D.E. 2008. Protein profile changes in *Chroococcus dispersus*, *Microcystis flos-aquae*, and *Microcoleus steenstrygii* in response to cadmium treatments. *Journal of King Abdulaziz University: Science*, 20: 131-148.
- Harwood, V.J. dan Gordon, A.S. 1990. Copper-induced production of copper binding supernatant protein by the marine bacterium *Vibrio alginolyticus*. *Applied Environmental Microbiology*, 56: 1327-1332.

Profil Protein Isolat Bakteri Resisten Merkuri

- Hidayati, N., Juhaeti, T. Dan Syarif, F. 2009. Mercury and cyanide contaminations in gold mine environment and possible solution of cleaning up by using phytoextraction. *HAYATI Journal of Biosciences*, 16: 88-94.
- Hochachka, P.W. dan Somero, G.N. 1973. *Strategies of Biochemical Adaptation*. W.B. Saunders Comp: Philadelphia.
- Hughes, M.N. dan Poole, R.K. 1989. *Metals and Microorganisms*. New York: Chapman and Hall.
- Irawati, W., Yuwono, T., Hartiko, H. dan Joetono. 1997. Profil protein bakteri pengikat tembaga setelah penginduksian tembaga. *Berkala Penelitian Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada*, (10): 19-28.
- Jaysankar, D., Ramaiah, N. dan Vardanyan, L. 2008. Detoxification of toxic heavy metals by marine bacteria highly resistant to mercury. *Marine Biotechnology*, 10: 471-477.
- Juliawan, N. 2006. Pendataan penyebaran merkuri pada wilayah pertambangan di daerah Pongkor, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Proceeding Pemaparan Hasil-hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan tahun 2006, Pusat Sumberdaya Geologi.
- Kiyono, M. dan Hou, H.P. 2006. Genetic engineering of bacteria for environmental remediation mercury. *Journal of Health Science*, 52: 199-204.
- Laemly, U.K. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680-685.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V. dan Clark, D.P. 2009. *Biology of Microorganisms, Twelfth edition*. San Francisco: Pearson.
- Mortazavi, S., Rezaee, A., Khavanin, A., Varmazyar, S. dan Jafarzadeh, M. 2005. Removal of mercuric chloride by a mercury resistant *Pseudomonas putida* strain. *Journal of Biological Sciences*, 5: 269-273.
- Nascimento, A.M.A. dan Souza, E.C. 2003. Operon *mer*: bacterial resistance to mercury and potential for bioremediation of contaminated environments. *Genetics and Molecular Research*, 2: 92-101.
- Nies, D.H. 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51: 730-750.
- Raja, C.E., Anbazhagan, K. dan Selvam, G.S. 2006. Isolation and characterization of a metal-resistant *Pseudomonas aeruginosa* strain. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22: 577-585.
- Raja, C.E., Selvam, G.S. dan Omine, K. 2009. Isolation, identification and characterization of heavy metal resistant bacteria from sewage. International Joint Symposium on Geodisaster Prevention and Geoenvironment in Asia. *JS-Fukuoka*: 205-211.
- Rojas, L.A., Yanez, C., Gonzalez, M., Lobos, S., Smalla, K. dan Seeger, M. 2011. Characterization of the metabolically modified heavy metal-resistant *Cupriavidus metallidurans* strains MSR33 generated for mercury bioremediation. *PLoS ONE*, 6: 1-10.
- Ruiz, O.N., Alvarez, D., Ruiz, G.G. dan Torres, C. 2011. Characterization of mercury bioremediation by transgenic bacteria expressing metallothionein and polyphosphate kinase. *BioMed Central Biotechnology*, 11: 82-89.
- Santi, L.P. dan Goenadi, D.H. 2009. Potensi *Pseudomonas fluorescens* strain KTSS untuk bioremediasi merkuri di dalam tanah. *Menara Perkebunan*, 77: 110-124.
- Shovitri, M., Zulaika, E. dan Koentjoro, M.P. 2010. Bakteri tanah merkuri dari Kali Mas Surabaya berpotensi sebagai agen bioremediasi merkuri. *Berkala Penelitian Hayati*, (4): 25-29.
- Zeyaulah, Md., Islam, B. dan Ali, A. 2010. Isolation, identification, and PCR amplification of *merA* gene from highly mercury polluted Yamuna River. *African Journal of Biotechnology*, 9: 3510-3515.