



ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI RESISTEN TEMBAGA DARI PANTAI TIMUR SURABAYA

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF COPPER RESISTANT BACTERIA FROM EAST COAST OF SURABAYA

Wahyu Irawati

Fakultas Ilmu Pendidikan, Pendidikan Biologi, Universitas Pelita Harapan

Diterima : 15-05-2019; Disetujui : 11-11-19; Diterbitkan : 10-02-2020

*Corresponding author: E-mail: w.irawati3@gmail.com

Abstrak

Pencemaran tembaga di Pantai Timur Surabaya merupakan salah satu kasus pencemaran logam berat yang serius di Indonesia. Pencemaran di lokasi tersebut terbukti mengakibatkan kematian ikan dan kerusakan otak penduduk setempat karena terlalu banyak mengkonsumsi ikan yang tercemar tembaga. Bioremediasi tembaga dengan menggunakan bakteri indigen yang diisolasi dari lingkungan tercemar merupakan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah pencemaran tembaga. Bakteri yang biasa hidup di lingkungan tercemar dapat diisolasi dan digunakan sebagai agen bioremediasi tembaga. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan: 1) isolasi dan karakterisasi bakteri resisten tembaga dari Pantai Timur Surabaya, 2) uji resistensi isolat bakteri, serta 3) uji akumulasi dan biosorpsi tembaga isolat bakteri. Isolat bakteri dikarakterisasi morfologi koloni dan selnya berdasarkan pewarnaan Gram. Uji resistensi dilakukan dengan menentukan nilai batas konsentrasi yang menghambat pertumbuhan bakteri (*Minimum Inhibitory Concentration/MIC*). Uji akumulasi dilakukan dengan memisahkan bagian sel dan medium pertumbuhan kemudian masing-masing didestruksi menggunakan HNO₃. Hasil isolasi dan karakterisasi diperoleh enam isolat bakteri resisten tembaga, yaitu PmbC1, PmbC2, PmbC3, PmbC4, PmbC5, dan PmbC6 dengan nilai MIC = 3 mM - 5mM CuSO₄. Isolat PmbC4 merupakan bakteri yang paling resisten dengan nilai MIC=5 mM serta mampu mengakumulasi tembaga sebesar 6.25 mg per gram berat kering sel dan melakukan biosorpsi sebesar 92.17%.

Kata Kunci: Bakteri, Resisten, Tembaga, Biosorpsi, Akumulasi

Abstract

Copper pollution in the East Coast of Surabaya is one of the serious cases of heavy metal pollution in Indonesia. Pollution at this location has been proven to result in fish deaths and brain damage of residents because they consume too much copper-contaminated fish. Copper bioremediation using indigen bacteria isolated from polluted environments is a promising solution to overcome copper pollution problems. Bacteria that commonly live in polluted environments can be isolated and used as copper bioremediation agents. This study aims to do: 1) isolation and characterization of copper resistant bacteria from the East Coast of Surabaya, 2) resistance testing of bacterial isolates and 3) copper accumulation and biosorption tests of bacterial isolates. The bacterial isolates were characterized by the morphology of the colonies and their cells based on Gram staining. Resistance testing is done by determining Minimum Inhibitory Concentration/MIC. The accumulation test is carried out by separating the cell and growth medium, then each of them is distracted using HNO₃. The results of isolation and characterization obtained six isolates of copper-resistant bacteria, namely PmbC1, PmbC2, PmbC3, PmbC4, PmbC5, and PmbC6 with MIC = 3 mM - 5mM CuSO₄. PmbC4 isolate is the most resistant bacteria with the MIC of 5 mM and is capable of accumulating copper of 6.25 mg per gram of cell dry weight and biosorption of 92.17%.

Key Words: Bacteria, Resistant, Copper, Accumulation, Biosorption

How to Cite: Irawati, W. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Resistan Tembaga dari Pantai Timur Surabaya, *BioLink: Jurnal Biologi Lingkungan, Industri dan Kesehatan, Vol.6 (2)*: Hal. 95-105

PENDAHULUAN

Salah satu ekosistem di Indonesia yang tercemar dengan tembaga adalah Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya). Pencemaran logam berat di Pamurbaya telah mencapai ambang batas. Tembaga adalah elemen esensial dan kofaktor enzim seperti oksidase dan oksigenase. Tembaga merupakan salah satu logam esensial yang dibutuhkan tubuh namun jika dikonsumsi terlalu banyak akan bersifat racun dan sulit dieksresikan (Rosahada, Budiyo, & Dewanti, 2018).

Pencemaran logam berat di Pamurbaya disebabkan oleh adanya kontaminasi limbah pabrik di Sungai Surabaya hingga melebihi 330 ton per hari (Arisandi, 2013). Pencemaran ini perlu diperhatikan sebab telah menyebabkan gejala keracunan logam berat pada masyarakat yang bermukim di sekitar Pamurbaya (Mulyadi, Laksmono, & Aprianti, 2011). Tingginya kadar kontaminasi tembaga yang mencapai 939,000ton dapat merusak kualitas lingkungan, yakni mengganggu aktivitas kimiawi, fisik, dan biologi, serta mengganggu interaksi komponen biotik dan abiotik (Zaidi, Wani, & Khan, 2012). Pembuangan logam berat ke lingkungan mempengaruhi atmosfer, tanah dan air. Pencemaran yang paling berbahaya adalah pencemaran pada lingkungan air sebab air merupakan elemen esensial untuk

keberlangsungan semua kehidupan. Polutan logam berat terakumulasi dan menyebabkan sindrom perkembangan otak dan kanker pada penduduk Surabaya sehingga diperlukan bioremediasi untuk memulihkan kualitas lingkungan perairan di Surabaya (Yi, 2009).

Alam memiliki kemampuan yang tinggi dalam memulihkan kerusakan lingkungan tetapi pencemaran lingkungan yang melebihi ambang batas perlu diatasi dengan melakukan pengembangan metode remediasi secara fisika, kimia, dan biologis untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas perairan (Yi, 2009). Dewasa ini, pengolahan limbah dengan menggunakan mikrobial atau disebut dengan bioremediasi banyak mendapat perhatian. Bioremediasi dengan memanfaatkan bakteri yang diisolasi dari alam menjadi pilihan utama karena metode ini memakan biaya yang relatif lebih murah dibandingkan secara kimia dan fisika. Bioremediasi dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan bakteri dalam mengekstrak zat logam berat (Madigan, Martinko, Dunlap, & Clark, 2009).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri indigen yang diisolasi dari lingkungan tercemar dapat melakukan akumulasi tembaga di dalam sel sehingga terjadi penurunan konsentrasi tembaga di lingkungan. Bakteri indigen juga memiliki kemampuan

biosorpsi sehingga terjadi penyisihan tembaga dari lingkungan tercemar (Irawati, Ompusunggu, Susilowati, & Yuwono, 2019). Isolasi dan karakterisasi bakteri indegen dari Pamurbaya belum pernah dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan: 1) karakterisasi bakteri resisten tembaga dari Pamurbaya, 2) uji resistensi isolat bakteri, serta 3) uji akumulasi dan biosorpsi tembaga isolat bakteri.

METODE PENELITIAN

Isolasi dan karakterisasi bakteri resisten tembaga

Isolasi bakteri resisten tembaga dilakukan dengan metode sebar pada media agar Luria Bertani (LB) yang ditambah dengan tembaga sulfat (CuSO_4). Sampel air Pantai Timur Surabaya dilarutkan dalam air steril dengan pengenceran 10^0 , 10^{-2} , 10^{-3} , dan 10^{-4} . Suspensi dari pengenceran 10^0 , 10^{-2} , 10^{-3} , dan 10^{-4} masing-masing diambil dan disebarkan pada media agar Luria Bertani (LB) yang mengandung 3 mM CuSO_4 kemudian diinkubasi pada suhu 37°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 media agar LB yang mengandung 3 mM CuSO_4 , kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Koloni tunggal diambil dan ditanam pada media agar miring yang mengandung 3 mM CuSO_4 .

Karakterisasi morfologi koloni dilakukan dengan pewarnaan Gram dan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh pada medium LB. Koloni dikarakterisasi berdasarkan bentuk, batas tepi, elevasi, ukuran, warna, properti optik dan jenis sel. Karakterisasi pertumbuhan dilakukan dengan membuat kurva pertumbuhan untuk melihat pengaruh penambahan tembaga terhadap pertumbuhan bakteri.

Uji Resistensi Isolat Bakteri

Uji resistensi dilakukan dengan menentukan nilai *Minimum Inhibitory Concentration (MIC)*. Isolat ditumbuhkan pada media LB dengan konsentrasi tembaga yang berbeda-beda kemudian diinkubasikan pada suhu 37°C dengan perlakuan agitasi 200 rpm. Pertumbuhan bakteri diukur berdasarkan kekeruhan sel (*Optical Density*) menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm.

Uji Potensi Akumulasi dan Biosorpsi Tembaga

Kultur bakteri dipanen dengan sentrifugasi pada 4000 rpm selama 15

menit. Supernatan dan pellet yang diperoleh masing-masing didestruksi dengan menggunakan asam kuat HNO_3 dan pemanasan 380°C kemudian diuji konsentrasi tembaga dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* untuk menentukan kemampuan bakteri dalam melakukan biosorpsi tembaga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan karakterisasi Bakteri Resisten Tembaga

Hasil isolasi dari Pamurbaya diperoleh enam isolat bakteri yang diberi kode PmbC1, PmbC2, PmbC3, PmbC4, PmbC5, dan PmbC6. Pengamatan dilakukan terhadap bentuk, tepi, elevasi, ukuran, pigmentasi, dan penampakan optik. Pewarnaan Gram dilakukan untuk mengetahui bentuk sel dan jenis dinding sel. Hasil pengamatan morfologi koloni dan jenis pewarnaan Gram isolat bakteri resisten tembaga dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel pengamatan morfologi koloni bakteri resisten tembaga

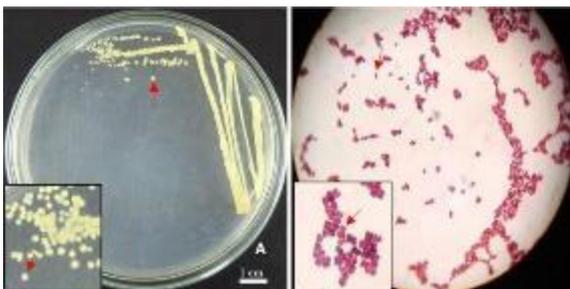
Nama Isolat	Elevasi	Ukuran	Pigmentasi	Sifat Optik
PmbC1	<i>Convex</i>	<i>Small</i>	<i>Yellow</i>	<i>Opaque</i>
PmbC2	<i>Convex</i>	<i>Small</i>	<i>Cream</i>	<i>Opaque</i>
PmbC3	<i>Raised</i>	<i>Punctiform</i>	<i>White</i>	<i>Translucent</i>
PmbC4	<i>Flat</i>	<i>Small</i>	<i>Cream</i>	<i>Opaque</i>
PmbC5	<i>Flat</i>	<i>Small</i>	<i>White</i>	<i>Opaque</i>
PmbC6	<i>Raised</i>	<i>Small</i>	<i>Cream</i>	<i>Opaque</i>

Tabel 1 menunjukkan bahwa setiap isolat bakteri resisten tembaga memiliki morfologi yang berbeda-beda. Semua isolat berbentuk *circular* dengan tepi rata. Semua koloni isolat berukuran kecil kecuali isolat Pmb3 berbentuk *punctiform* yaitu lebih kecil dibandingkan dengan isolat lainnya. Elevasi dari isolat-isolat bakteri resisten tembaga pun berbeda-beda. Isolat PmbC1 dan PmbC2 memiliki elevasi *convex*, isolat PmbC3 dan PmbC6 memiliki elevasi *raised*, sedangkan isolat PmbC4 dan PmbC5 memiliki elevasi *flat*. Pigmentasi merupakan warna yang dihasilkan oleh koloni bakteri. Koloni isolat Pmb1 berwarna kuning. Koloni isolat PmbC2, PmbC4, dan PmbC6 berwarna *cream*, sedangkan isolat PmbC3 dan PmbC5 berwarna putih. Hasil pengamatan morfologi koloni juga menunjukkan adanya perbedaan penampakan optik isolat PmbC3 lebih tembus pandang dibandingkan dengan isolat lainnya.

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa 67% isolat bakteri bersifat Gram negatif yaitu PmbC1, PmbC4, PmbC5, PmbC6 dan sedangkan 33% bersifat Gram positif, yaitu isolat PmbC2 dan PmbC3. Dinding sel bakteri Gram-positif memiliki kadar peptidoglikan yang cukup tinggi dengan ketebalan sekitar 20-30 nm. Pada peptidoglikan, terdapat asam teikoat yang mengandung fosfodiester. Asam teikoat

berkontribusi sebagai penyedia muatan negatif pada bakteri sehingga dapat membantu proses pertukaran ion sebagai mekanisme pertahanan diri ketika menghadapi toksisitas tembaga. Kandungan peptidoglikan bakteri Gram negatif lebih rendah dibanding Gram positif dan tidak terdapat asam teikoat tetapi terdapat lipopolisakarida yang dapat berkontribusi dalam mekanisme biosorpsi ketika diperhadapkan dengan tembaga (Kotrba, 2011).

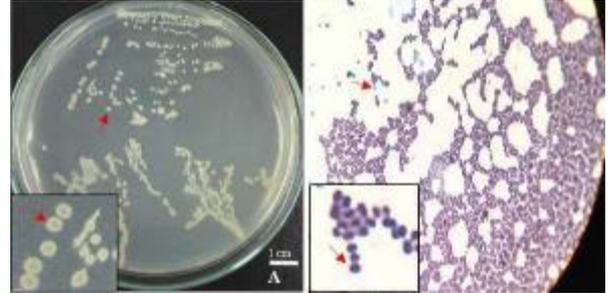
Hasil pengamatan morfologi sel dengan menggunakan mikroskop cahaya menunjukkan bahwa isolat PmbC1, PmbC2, dan PmbC3 berbentuk kokus sedangkan isolat PmbC4, PmbC5, dan PmbC6 berbentuk batang. Pengamatan koloni isolat bakteri pada cawan petri dan pengamatan sel hasil pewarnaan Gram dapat dilihat pada gambar 1-6.



Gambar 1: Morfologi koloni dan sel pada isolat PmbC1

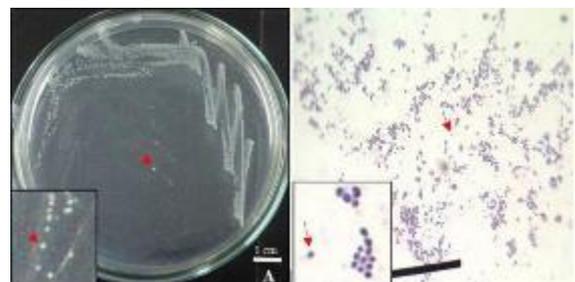
Isolat PmbC1 ditumbuhkan pada medium LB (Luria-Bertani) yang telah ditambahkan CuSO_4 dengan konsentrasi 2 mM. Isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Keterangan : **A.** Morfologi koloni isolat PmbC1 berbentuk *circular*. Inset menunjukkan gambar yang

diperbesar; **B.** Morfologi sel diamati dengan mikroskop perbesaran 100x. Hasil pengamatan morfologi sel dan pewarnaan Gram isolat PmbC1 menunjukkan bakteri berbentuk kokus dan Gram negatif. Inset menunjukkan gambar yang diperbesar.



Gambar 2: Morfologi koloni dan sel pada isolat PmbC2

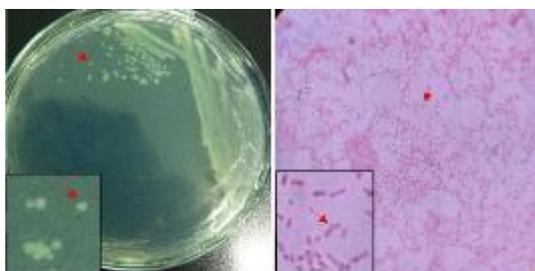
Isolat PmbC2 ditumbuhkan pada medium LB (Luria-Bertani) yang telah ditambahkan CuSO_4 dengan konsentrasi 2 mM. Isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Keterangan : **A.** Morfologi koloni isolat PmbC2 berbentuk *circular*. Inset menunjukkan gambar yang diperbesar; **B.** Morfologi sel diamati dengan mikroskop perbesaran 100x. Hasil pengamatan morfologi sel dan pewarnaan Gram isolat PmbC2 menunjukkan bakteri berbentuk kokus dan Gram positif. Inset menunjukkan gambar yang diperbesar.



Gambar 3: Morfologi koloni dan sel pada isolat PmbC3

Isolat PmbC3 ditumbuhkan pada medium LB (Luria-Bertani) yang telah

ditambahkan CuSO₄ dengan konsentrasi 2 mM. Isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Keterangan : **A.** Morfologi koloni isolat PmbC3 berbentuk *circular*. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar; **B.** Morfologi sel diamati dengan mikroskop perbesaran 100x. Hasil pengamatan morfologi sel dan pewarnaan Gram isolat PmbC3 menunjukkan bakteri berbentuk kokus dan Gram positif. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar.



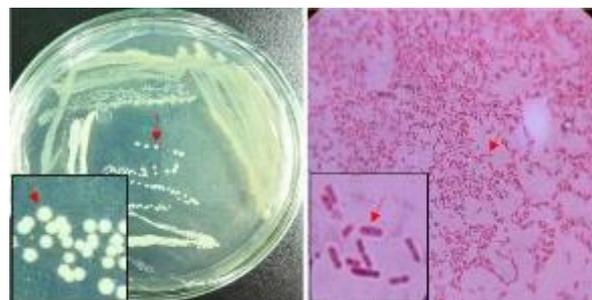
Gambar 4: Morfologi koloni dan sel pada isolat PmbC4

Isolat PmbC4 ditumbuhkan pada medium LB (Luria-Bertani) yang telah ditambahkan CuSO₄ dengan konsentrasi 2 mM. Isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Keterangan : **A.** Morfologi koloni isolat PmbC4 berbentuk *circular*. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar; **B.** Morfologi sel diamati dengan mikroskop perbesaran 100x. Hasil pengamatan morfologi sel dan pewarnaan Gram isolat PmbC4 menunjukkan bakteri berbentuk batang dan Gram negatif. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar.



Gambar 5: Morfologi koloni dan sel pada isolat PmbC5

Isolat PmbC5 ditumbuhkan pada medium LB (Luria-Bertani) yang telah ditambahkan CuSO₄ dengan konsentrasi 2 mM. Isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Keterangan : **A.** Morfologi koloni isolat PmbC5 berbentuk *circular*. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar; **B.** Morfologi sel diamati dengan mikroskop perbesaran 100x. Hasil pengamatan morfologi sel dan pewarnaan Gram isolat PmbC5 menunjukkan bakteri berbentuk batang dan Gram negatif. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar.



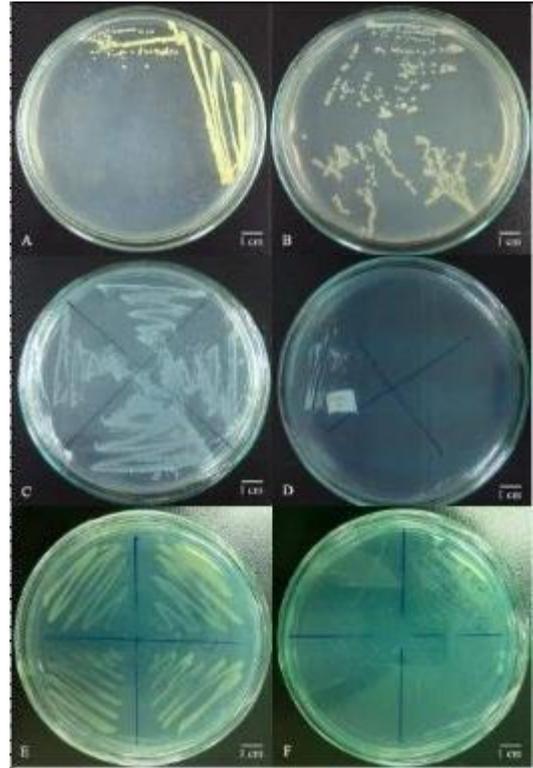
Gambar 6: Morfologi koloni dan sel pada isolat PmbC6

Isolat PmbC6 ditumbuhkan pada medium LB (Luria-Bertani) yang telah ditambahkan CuSO₄ dengan konsentrasi 2 mM. Isolat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Keterangan : **A.** Morfologi koloni isolat PmbC6 berbentuk *circular*. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar; **B.** Morfologi sel diamati

dengan mikroskop perbesaran 100x. Hasil pengamatan morfologi sel dan pewarnaan Gram isolat PmbC6 menunjukkan bakteri berbentuk batang dan Gram negatif. Insert menunjukkan gambar yang diperbesar.

Uji Resistensi Isolat Bakteri Resisten Tembaga

Hasil uji resistensi pada table 2 menunjukkan bahwa isolat bakteri resisten terhadap tembaga dengan nilai MIC= 3-5 mM. Isolat PmbC3, PmbC 5, PmbC 6 memiliki nilai MIC= 3 mM, sedangkan isolat PmbC2 memiliki resistensi 4 mM. Isolat PmbC1 dan PmbC4 merupakan bakteri yang paling resisten dengan nilai MIC= 5 mM. Pengamatan pertumbuhan beberapa isolat pada medium yang mengandung tembaga dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil pengamatan uji MIC isolat bakteri resisten tembaga.

Ket: A: Isolat PmbC1 pada medium 2 mM; B: PmbC2 pada medium 2mM; C: PmbC3 pada medium 2mM; D: PmbC3 pada medium 3mM; E: PmbC4 pada medium 4mM; F: PmbC4 pada medium 5mM.

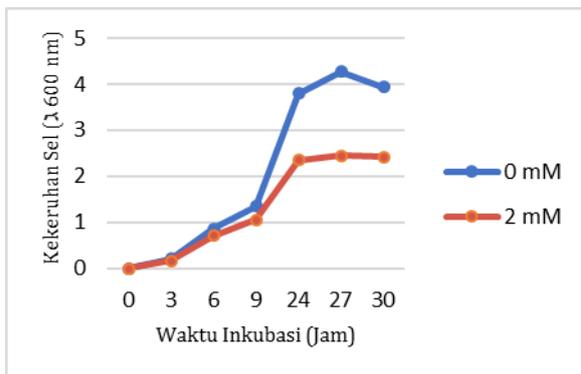
Tabel 2. Data pengukuran MIC dari bakteri resisten tembaga.

Nama Isolat	Konsentrasi CuSO ₄ (mM)				MIC
	2	3	4	5	
PmbC1	+	+	+	-	5 mM
PmbC2	+	+	-	-	4 mM
PmbC3	+	-	-	-	3 mM
PmbC4	+	+	+	-	5 mM
PmbC5	+	-	-	-	3 mM
PmbC6	+	-	-	-	3 mM

Ket: Isolat bakteri resisten tembaga dan bakteri resisten seng ditumbuhkan di medium LB agar dengan tambahan logam berat CuSO₄ dan dengan konsentrasi yang bervariasi. Isolat diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam dan pertumbuhan isolat bakteri diamati. Tanda plus (+) menunjukkan adanya bakteri yang tumbuh pada media sedangkan tanda minus (-) menunjukkan tidak adanya bakteri yang tumbuh pada media.

Pengaruh pertumbuhan isolat bakteri PmbC4 pada medium dengan penambahan 2 mM CuSO₄ dapat dilihat pada gambar 8. Penambahan 2 mM CuSO₄ menurunkan aktivitas pertumbuhan pada fase logaritma sehingga tidak dapat mencapai aktivitas pertumbuhan seperti pada medium tanpa CuSO₄. Pertumbuhan isolat bakteri pada medium CuSO₄ lebih lambat dibanding tanpa CuSO₄. Menurut Bondarczuk & Piotrowska-Seget (2013), tembaga merupakan logam esensial yang dibutuhkan untuk proses metabolisme tetapi bersifat toksik pada konsentrasi di

atas ambang batas yang dibutuhkan untuk bakteri. Kondisi ini memungkinkan bakteri untuk melakukan mekanisme yang memungkinkan bakteri untuk mengatur jumlah konsentrasi tembaga yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan selebihnya dikeluarkan. Santo, Morais, & Grass (2010), mengatakan bahwa bakteri mengembangkan suatu sistem agar tembaga di dalam sel berada pada tingkat yang dapat ditolerir karena dalam jumlah yang berlebihan, tembaga dapat merusak membran sel dan struktur asam nukleat. Tembaga dapat menginisiasi pembentukan radikal bebas yang membahayakan sel-sel organisme.



Gambar 8: Kurva pertumbuhan isolat bakteri resisten tembaga PmbC4

Dari kurva pertumbuhan yang dibuat, diketahui bahwa pada konsentrasi logam berat Cu 0 mM dan 2 mM tidak terdapat fase lag yang merupakan fase adaptasi dari bakteri di lingkungan baru (Rolfe *et al.*, 2012). Pada kurva pertumbuhan dapat dilihat bahwa pertumbuhan isolat bakteri Sa2 lebih baik pada konsentrasi logam berat Cu 0 mM dibandingkan pada konsentrasi logam

berat Cu 2 mM. Hal ini disebabkan karena meskipun tembaga merupakan logam berat esensial, pada konsentrasi tinggi, logam berat ini bersifat toksik. Semakin tinggi konsentrasi Cu pada medium, pertumbuhan bakteri akan semakin melemah karena Cu berperan sebagai *stressor* (Starr & Jones, 1957). Pada medium dengan konsentrasi Cu 0 mM, tidak ada *stressor* sehingga isolat bakteri dapat tumbuh dengan baik.

Sel pada makhluk hidup telah mengembangkan suatu sistem agar tembaga di dalam sel berada pada tingkat yang dapat ditolerir, karena dalam jumlah yang berlebihan, tembaga dapat merusak membran sel dan struktur asam nukleat. Selain itu, spesifitas enzim juga dapat berubah dan fungsi seluler dapat terganggu. Secara khusus, tembaga dapat menginisiasi pembentukan radikal bebas yang membahayakan sel-sel organisme. Terdapat dua jenis tembaga yang berbeda pada kandungan ioniknya, yaitu Cu(I) dan Cu(II) dimana Cu(I) lebih toksik dibandingkan dengan Cu(II) (Santo, Morais, & Grass, 2010).

Potensi Akumulasi Dan Biosorpsi Tembaga

Irawati, Yuwono, Seodarsono, & Hartiko (2012) mengatakan bahwa bakteri menanggapi toksisitas tembaga dengan melakukan bioakumulasi tembaga di

dalam sel dan membatasi konsentrasi tembaga yang masuk ke dalam sitoplasma. Menurut Ahemad (2012), sebagian besar bakteri melakukan mekanisme resistensi untuk mentolerir masuknya tembaga ke dalam sel sambil tetap menjaga homeostatis sel terhadap toksisitas tembaga. Bakteri dapat berinteraksi dengan tembaga melalui mekanisme bioakumulasi dan biosorpsi. Kemampuan akumulasi dan biosorpsi tembaga ini dapat dimanfaatkan untuk proses bioremediasi tembaga di lingkungan tercemar.

Uji potensi akumulasi dan biosorpsi tembaga hanya dilakukan pada isolat PmbC4 sebagai representasi isolat bakteri yang paling resisten dengan nilai MIC=5 mM. Hasil analisis kemampuan akumulasi menunjukkan bahwa isolat PmbC4 dapat mengakumulasi Cu sebesar 6.25 mg Cu per gram berat kering sel. Potensi akumulasi isolate bakteri ini cukup tinggi dibandingkan dengan isolate indigen yang diisolasi dari Sungai Cikapundung, yaitu sebesar 4.62 mg Cu per gram berat kering sel (Irawati, Ompusunggu, Susilowati, & Yuwono, 2019)

Uji potensi akumulasi dan biosorpsi tembaga hanya dilakukan pada isolat PmbC4 sebagai representasi isolat bakteri yang paling resisten dengan nilai MIC=5 mM. Hasil analisis konsentrasi Cu di dalam medium yang mengandung 2 mM CuSO₄

menunjukkan bahwa kemampuan biosorpsi isolat PmbC4 adalah sebesar 92.17%. Potensi biosorpsi isolat PmbC4 ini lebih tinggi dibandingkan dengan *Pseudomonas* sp dan *Escherichia coli* CN8 yang mampu melakukan biosorpsi masing-masing sebesar 74,2% dan sebesar 48.15% (Shetty & Rajkumar, 2009 ; Irawati, Ompusunggu, Susilowati, & Yuwono, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa isolat PmbC4 berpotensi untuk dijadikan sebagai agen biosorpsi tembaga.

Biosorpsi merupakan kemampuan mikroba untuk mengakumulasi logam berat dari materi terkontaminasi melalui jalur *uptake* dalam metabolisme atau fisiokimiawi (Ansari, Massod, & Malik 2011). Biosorpsi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya untuk menghilangkan ion logam kontaminan yaitu memakan biaya yang relatif lebih rendah, meminimalkan penggunaan senyawa kimiawi, tidak memerlukan nutrisi atau pembuangan materi biologis atau inorganik, memiliki efisiensi tinggi terhadap logam berkonsentrasi rendah, dan tidak menimbulkan resiko keracunan logam (Kotrba, 2011).

Allah menciptakan biodiversitas mikroba dengan karakter dan potensi masing-masing yang dapat mendukung kesejahteraan manusia dan lingkungan. Potensi biosorpsi dapat menjadi

mekanisme unggul dalam memanfaatkan mikroba sebagai agen bioremediasi. Hal ini disebabkan karena mekanisme biosorpsi dapat berjalan baik pada mikroba yang masih hidup atau yang sudah mati. Keuntungan yang diperoleh dari proses biosorpsi mikroba pada bioremediasi logam berat adalah efisiensi yang tinggi, tidak ada produk buangan yang membahayakan, dan terdapat kemungkinan untuk melakukan pengunduhan kembali tembaga dari lingkungan tercemar (Babák *et al.*, 2012).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa diperoleh enam isolat bakteri resisten tembaga dari Pamurbaya dengan kode PmbC1, PmbC2, PmbC3, PmbC4, PmbC5, dan PmbC6. Hasil uji resistensi menunjukkan bahwa isolat bakteri memiliki nilai MIC berkisar antara 3 mM - 5mM CuSO₄. Isolat PmbC4 merupakan bakteri yang paling resisten dengan nilai MIC=5 mM. Penambahan 2 mM CuSO₄ menurunkan aktivitas pertumbuhan isolat bakteri PmbC4 sehingga tidak dapat mencapai fase pertumbuhan logaritma seperti pertumbuhan bakteri tanpa penambahan CuSO₄. Isolat PmbC4 dapat mengakumulasi 6.25 mg Cu per gram berat kering sel serta melakukan biosorpsi

sebesar 92.17% pada medium yang mengandung 2 mM CuSO₄.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Biologi Universitas Pelita Harapan Tangerang. Terimakasih kepada mahasiswa Universitas Pelita Harapan Tangerang yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian terutama kepada Priscilia Felita, Gabriella Carmelita, Stephanie Alicia, Widyarti Agustin, Listiarini, Vanessa Buana, dan Greisnaningi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahemad M. (2012). Implication of bacterial resistance against heavy metals in bioremediation: a review. *J Inst Integrat Omics Appl Biotechnol* 3(3): 39-46.
- Ansari, M.I., Masood, F. & Malik, A. (2011). *Microbes and Microbial Technology*. New York: Springer.
- Arisandi, P. (2013). *The Rufford Small Grants for Nature Conservation*. Disadur dari: http://www.rufford.org/rsg/projects/prigi_arisandi (1 Mei 2013).
- Babák, L., Šupinová, P., Zichová, M., Burdychová, R. & Vítová, E. (2012). Biosorption of Cu, Zn and Pb by thermophilic bacteria – effect of biomass concentration on biosorption capacity. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 60: 9-18.
- Bondarczuk K, Piotrowska-Seget Z. (2013). Molecular basis of active copper resistance mechanisms in Gram-negative bacteria. *Cell Biol Toxicol* 29: 397-405.
- Irawati, W., Ompusunggu, N. P., Susilowati, D. N., & Yuwono, T. (2019). Molecular and physiological characterization of indigenous copper resistant bacteria from Cikapundung River, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(2): 344-349.
- Irawati, W., Yuwono, T., Soedarsono, J. & Hartiko, H. (2012). Molecular and Physiological Characterization of Copper-Resistant Bacteria Isolated from Activated Sludge in an Industrial Wastewater Treatment Plant

- in Rungkut Surabaya, Indonesia. *Microbiology Indonesia*, 6: 107-116.
- Kotrba, P. (2011). *Microbial Biosorption of Metals*. Berlin: Springer.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Dunlap, P.V. & Clark, D.P. (2009). *Biology of Microbiology, Twelfth Edition*. San Fransisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Mulyadi, E., Laksmono, R. & Aprianti, D. (2011). Fungsi Mangrove sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Edisi Khusus*. 1: 33-40.
- Rosahada, A. D., Budiyo, & Dewanti, N. A. (2018). Biokonsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Pola Konsumsi Ikan Mujair di Wilayah Danau Rawapening. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(6):1-7.
- Rolfe, M. D., Rice, C. J., Lucchini, S., Pin, C., Thompson, A., Cameron, A. D. S., Alston, M., Stringer, M. F., Betts, R. P., Baranyi, J., Peck, M. W. & Hinton, J. C. D. (2012). Lag Phase Is a Distinct Growth Phase That Prepares Bacteria for Exponential Growth and Involves Transient Metal Accumulation. *Journal of Bacteriology*, 194:686-701.
- Santo, C. E., Morais, P. V. & Grass, G. (2010). Isolation and characterization of bacteria resistant to metallic copper surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 76: 1341 – 1348
- Shetty, R. & Rajkumar, Sh. (2009). Biosorption of Cu (II) by Metal Resistant *Pseudomonas* sp. *International Journal of Environmental Research*, 3: 121-128
- Starr, T. J. & Jones, M. E. (1957). The effect of copper on the growth of bacteria isolated from marine environments. *Limnology and Oceanography*, 2:33-36.
- Yi, Q. (2009). *Point Sources of Pollution: Local Effects and It's Control*. Oxford: Eolss Publishers Company Limited.
- Zaidi, A., Wani, P.A. & Khan, M.S. (2012). *Toxicity of Heavy Metals to Legumes and Bioremediation*. Pondicherry: Springer.