

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa tanah tempat pembuangan limbah pengolahan emas yang mengandung merkuri 4.5 ppm ditemukan empat isolat bakteri. Identifikasi bakteri secara molekuler dengan gen 16SrRNA menunjukkan bahwa empat isolat tersebut yaitu bakteri *Stenotrophomonas sp. SB67* (Persen identitas 91.50%), *Enterobacter cloacae strain CM 1* (Persen identitas 88.95%), *Bacterium strain BS0591* (Persen identitas 98.43%) dan *Bacillus albus strain SQ30 16S* (Persen identitas 97.44%). Dua jenis diantaranya yaitu *Bacterium strain BS0591* dan *Bacillus albus strain SQ30 16S* memiliki kemampuan untuk tumbuh dan menurunkan kadar merkuri sebesar 99% pada kadar 10 ppm HgCl₂.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- 1.2.1 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat kemampuan resistensi bakteri pada konsentrasi yang lebih rendah
- 1.2.2 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut kemampuan bakteri menurunkan cemaran logam berat Hg dengan variabel terikat waktu, suhu maupun pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, Meenakshi., Rajesh Sigh Rathore, Charles Jagoe dan Ashvini Chauhan. 2019. Multiple Lines of Evidences Reveal Mechanisms Underpinning Mercury Resistance and Volatilization by *Stenotrophomonas* sp. MA5 Isolated from the Savannah River Site (SRS), USA. *Journal Cells*. Vol 8.No. 309. Hal 5-7.
- Amelia, Titik Fadilah, Ace Baehaki dan Herpandi. 2016. Aktivitas Reduksi Merkuri pada Bakteri yang diisolasi dari air dan Sedimen di Sungai Musi. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. Vol 5.No. 1. Hal 94 - 106.
- Andrea M.A., Nascimento dan Edmar Chartone Souza. 2003. Operon mer: Bacterial Resistance to Mercury and Potential for Bioremediation of Contaminated Environments. *Genetics and Molecular Research*. Vol 2. No 1. Hal: 94 - 95.
- Barkay, Tamar., Susan M. Miller, Anne O. Summers. 2003. Bacterial mercury resistance from atoms to ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews*. Vol 27. Hal: 357.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-2354.6-2006. Cara Uji Kimia –Bagian 6: Penentuan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) pada produk Perikanan.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 6989.78:2011. Air dan Air limbah –Bagian 78: Cara Uji Raksa (Hg) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) –Uap dingin atau *Mercury Analyzer*.
- Benison, Gregory., Paola Di Lello, Jacob Shokes, Nathaniel Cosper, Robert Scott, Pascale Legault dan James Omichinski. 2004. A Stable Mercury Containing Complex of the Organomercurial Lyase MerB: Catalysis, Product Release and Direct Transfer to MerA. *Biochemistry*. Vol 43.No. 26. Hal: 8333.
- Brown, N.L., Y.C Shih, C. Leang, K.J Glendinning, J.L Hobman dan J.R Wilson. 2002. Mercury Transport and Resistance. *Biochemical Society Transactions*. Vol 30. No. 4. Hal: 715 - 718.
- Chojnacka, Katarzyna. 2010. Biosorption and Bioaccumulation. *Environment International*. Vol 36. Hal: 300 - 301.
- Dimawarnita, Firda. Tri Panji dan Suharyanto. 2017. Biosorpsi ion merkuri menggunakan jamur pelapuk putih imobil. *Jurnal Perkebunan*. Vol 85. No.1. Hal: 28-36.
- Fatimawali., Billy Kepel, Irawan Yusuf, Rosdiana Natsir dan Fatmawaty Baharuddin. 2009. Populasi Bakteri pada Tanah Bekas Buangan Limbah Merkuri Tambang Emas di Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Kedokteran Yarsi*. Vol 17. No.2. Hal: 139 - 141.

- Freetes, Charlie Ester de., Lies Indah Sutiknowati dan Dede Falahudin. 2019. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Logam Berat dari Sedimen Mangrove di Pengudang dan Tanjung Uban, Pulau Bintan Indonesia. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi Indonesia*. Vol 4. No. 71. Hal: 75-76.
- Hadi, Choirul. 2013. Bahaya Merkuri di Lingkungan Kita. *Jurnal Skala Husada*. Vol. 10. No. 2. Hal 176.
- Hangstrom, Ake., Jarone Pinhassi dan Ulla Li Zweifel. 2000. Biogeographical Diversity Among Marine Bacterioplankton. *Aquatic Microbial Ecology*. Hal 236.
- Haritash, A.K dan C.P Kaushik. 2009. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. *Journal of Hazardous Materials*. Hal 1-15.
- Hidayat, Asep dan Chairil Anwar Siregar. 2017. *Telaah Mendalam Tentang Bioremediasi: Teori dan aplikasinya dalam Upaya Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Holderman, Michelle., Edwin de Queljoe dan Sendy Rondonuwu. 2017. Identifikasi Bakteri Pada Pegangan Eskalator Di Salah Satu Pusat Perbelanjaan Di Kota Manado. *Jurnal Oseana Ilmiah Sains*. Vol 17. No 1. Hal: 14- 15.
- Holmes, Andrew., Anubhav Vinayak, Cherise Benton, Aaron Esbenshade, Carlishe Heinselman, Daniel Frankland, Samatha Kulkarni, Adrienne Kurtanich dan Jonathan Caguiat. 2009. Comparison of Two Multimetal Resistant Bacterial Strains: *Enterobacter* sp. YSU and *Stenotrophomonas maltophilia* ORO2. *Cur Microbiol*. Vol 59. Hal: 528-530.
- Hutagalung, Horas P. 1985. Raksa. *Jurnal Oseana*. Vol 10.No 3. Hal: 93 – 105.
- Isa, Ishak. 2004. Biobleaching Logam Berat Timbal dari Sedimen Tercemar Oleh *Pseudomonas fluorescens*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Escherichia coli* dan *Bacillus* sp. *Disertasi*. Universitas Airlangga.
- Isa, Ishak dan Yuliana Retnowati. 2014. Pemanfaatan Berbagai Jenis Bakteri Dalam Proses Biobleaching Limbah Logam Berat. *Penelitian Fundamental*. Universitas Negeri Gorontalo.
- Kepel, Billy., Fatimawali, Irawan Yusuf, Rosdiana Natsir dan Fatmawati Badaruddin 2012. Isolasi dan Karakterisasi Gen merB pada Bakteri *Pseudomonas* sp. sebagai Gen Resistensi Merkuri Organik. *Jurnal Kedokteran Yarsi*. Vol 20. No 2. Hal: 69-80.
- Kepel, Billy dan Fatimawali. 2015. Penentuan Jenis dengan Analisis Gen 16SrRNA dan Uji Daya Reduksi Bakteri Resisten Merkuri Yang Diisolasi

- dari Feses Pasien dengan Tambalan Amalgam Merkuri di Puskesmas Bahu Manado. *Jurnal Kedokteran Yarsi*. Vol 23. No 1. Hal: 45 – 55.
- Kurniawan, Andri dan Nuraeni Ekowati. 2016. Review: Mikoremediasi Logam Berat. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. Vol 3. No. 1. Hal: 39-41.
- Kurnia, Kesi., Nina Hermayani Sadi dan Syafitri Jumianto. 2016. Isolasi Bakteri Heterotrof di Situ Cibuntu, Jawa Barat dan Karakterisasi Resistensi Asam dan Logam. *Jurnal Life Science*. Vol 5. No 1. Hal: 61.
- Lestaria, Trilianty. 2010. Faktor-faktor yang berhubungan dengan keracunan merkuri (Hg) pada Penambang Emas Tanpa Izin (PETI) di Kecamatan Kurun, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Tesis*. Universitas Diponegoro.
- Lloyd, Jonathan. 2002. Bioremediation of metals; the application of micro-organisms that make and break minerals. *Microbiology Today*. Vol. 29. Hal: 67-68.
- Looney, W.J., Mashasi Narita, Kathrin Muhlemann dan Amjad Shidyak. 2014. *Stenotrophomonas maltophilia*. www.antimicrobe.org/new/b236.asp (Diakses 18 November 2020 Pukul 02.00 WITA).
- Lutfi, Saundra Rosallina., Wignyanto dan Evi Kurniati. 2018. Bioremediasi Merkuri Menggunakan Bakteri Indigenous dari Limbah Penambangan Emas di Tumpang Pitu, Banyuwangi. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol 19.No. 1. Hal 15-24.
- Mahmud, Marike., Fitriyane Lihawa, B. Banteng., F. Desei., Y. Saleh. 2017. Konsentrasi merkuri pada ikan di perairan laut Sulawesi akibat penambangan emas tradisional Buladu Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*. Vol 1. No 3. Hal 7-17.
- Maulana, Alfian., Supartono dan Sri Mursiti. 2017. Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol 6. No 3. Hal 257 - 260.
- Mirdat., Yosep S. Patadungan dan Isrun. 2013. Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu. *Agrotekbis*. Vol 1. No. 2. Hal 128.
- Misra, Tapan. 1992. Bacterial Resistances to Inorganic Mercury Salts and Organomercurials. *Plasmid*. Vol 27. Hal 5.
- Nofiani, Risa dan Gusrizal. 2004. Bakteri Resisten Merkuri Spektrum Sempit dari Daerah Bekas Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Mandor, Kalimantan Barat. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol 6. No 2. Hal 70-73.

- Nurhayati, Betty dan Sri Darmawati. 2017. *E- book Biologi Sel dan Molekuler*. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Ohtake, Hisao., Eiji Fujii dan Kiyoshi Toda. 1990. A Survey Of Effective Electron Donors For Reduction of Toxic Hexavalent Chromium By *Enterobacter cloacae* (Strain HO1). *Jurnal Gen. Appl. Microbiol.* Vol 36: Hal 205.
- Osborn, Mark A., Kenneth Bruce, Peter Strike dan Donald A. Ritchie. 1997. Distribution, diversity and evolution of the bacterial mercury resistance (mer) operon. *FEMS Microbiology Reviews.* Vol 19. Hal: 246.
- Pages, Delphine., Jerome Rose, Sandrine Conrod, Stephane Cuine, Patrick Carrier, Thierry Heulin dan Wafa Achouak. 2008. Heavy Metal Tolerance in *Stenotrophomonas maltophilia*. *Plos One.* Issue 2. Hal 1 - 6.
- Prasetya, Yulianto Ade., Nengah Dwianita Kuswytasari dan Enny Zulaikha. 2017. Potensi Genera *Bacillus* dari Kalimas Surabaya sebagai Agen Bioremediasi Pencemaran Merkuri. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi IV.* Universitas Mercu Buana.
- Priadie, Bambang. 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan.* Vol 10. No 1. Hal 38 - 41.
- Purkan, Safita Nurmalyya, Sofijan Hadi. 2016. Daya Resistensi *Pseudomonas stutzeri* Terhadap Merkuri dan Potensinya Menghasilkan Enzim Merkuri Reduktase. *Jurnal Molekul.* Vol 11. No 2. Hal 230-238.
- Putranto, Thomas Triadi. 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada air tanah. *Jurnal Teknik.* Vol 32. No 1. Hal 67.
- Quelab. 2005. *Mc Farland Standars.* www.quelab.com (Diakses pada Juli 2020)
- Ratnawati, Emmy., Rahyani Ernawati dan Siti Naimah. 2010. Teknologi Biosorpsi Oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat. *Jurnal Kimia dan Kemasan.* Vol 32. No. 1. Hal: 35-37.
- Ranjard, Lionel., Agnes Richaume, Lucile Jocteur-Monrozier dan Sylvie Nazaret. 1997. Response of soil bacteria to Hg(II) in relation to soil characteristics and cell location. *FEMS Microbiology Ecology.* Vol 24. Hal: 330.
- Rezekikasari., Sutarman Gafur dan Rini Susana. 2018. Potensi Bakteri Indigenous pada tanah tailing Kecamatan Mandor dalam Remediasi Metil Merkuri. *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika.* Vol. 8. No. 1. Hal: 15-16.

- Rondonuwu, Sedy Beatrix. 2012. Bioremediasi limbah mengandung merkuri menggunakan bakteri tempatan dengan Sistem Bioreaktor dan Lahan Basah Buatan. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Saleh, Baskara Adam., Boedi Setya Rahardja dan Muhammad Arief. 2014. Studi Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) dan Prediksi Kandungan Metil Merkuri (CH₃Hg) pada Organ Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Bayuurip, Pantai Utara Gresik, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. Vol 6. No. 2. Hal: 210-212.
- Sholikhah, Umi dan Nengah Dwianita Kuswytasari. 2012. Uji Potensi Genera *Bacillus* sebagai Bioakumulator Merkuri. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Shovitri, Maya., Enny Zulaika, Maharani Koentjoro. 2010. Bakteri Tahan Merkuri Dari Kali Mas Surabaya Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi Merkuri. *Penelitian Hayati*.
- Sogandi. 2018. *Identifikasi Bakteri Secara Molekuler*. Jakarta: Universitas 17 Agustus 1945 Press.
- Surtikanti, Hertien Koosbandiah. 2011. *Toksikologi Lingkungan dan Metode Hayati*. Bandung: Rizqi Press.
- Suryani, Yani. 2011. Bioremediasi Limbah Merkuri dengan Menggunakan Mikroba pada Lingkungan yang Tercemar. *Jurnal Istek*. Vol 5. No. 1 – 2. Hal: 139-147.
- Tanumihardja, Christofel., Billy Kepel dan Widhi Bodhi. 2017. Identifikasi Bakteri Resisten Merkuri Menggunakan Metode 16S rRNA terhadap Plak Gigi pada pasien Pengguna Tumpatan Amalgam. *Jurnal Biomedik*. Vol 5. No. 2. Hal 5.
- Tumbull, Peter C. 1996. *Medical Microbiology*. www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7699 (Diakses 19 November 2020 Pukul 23.00 WITA).
- Untu, Patricia., Inneke F.M Rrumengan dan Elvy L.Ginting. 2015. Identifikasi Mikroba Yang Koeksis dengan *Ascidia Lissoclinum patella* menggunakan Sekuens Gen 16S rRNA. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. Vol 2. No. 1. Hal: 27-28.
- Ventriani, Costantino., Yein S. Chew, Susan M. Miller, Jane Yagi, Jonna Coobs, Richard A. Lutz dan Tamar Barkay. 2005. Mercury Adaptation among Bacteria from a Deep Sea Hydrothermal Vent. *Appl. Environmental Microbiology*. Vol 71. No.1. Hal 224.
- Waluyo, Lud. 2016. *Mikrobiologi Umum*. Malang: UNM Press.

- Widodo., Tutik Wahyuningsih, Arief Nurrochmad, Endang Wahyuni, Tiyas Tono Taufiq, Nosa Septiana Anindita, Sri Lestari, Pradipta Harsita, Ari Sukarno dan Robet Handaka. 2019. *E-book Bakteri Asam Laktat Strain Lokal: Isolasi sampai Aplikasi sebagai Probiotik dan Starter Fermentasi Susu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wijayaningrum, Erin. 2017. Uji Resistensi Bakteri *Enterobacter* sp. pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Jabon Sidoarjo terhadap Logam Berat dan Antibiotik. *Skripsi*. Politeknik Kesehatan Surabaya.
- Yuwono, Triwibowo. 2006. *Teori dan Aplikasi Polymerase Chain Reaction*. Yogyakarta: Andi Offset.