

Analisis Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) di Tanah Pembuangan Limbah Industri Non-Pangan

Jamilah^{1*} dan Amri²

¹Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Alauddin Makassar, Kampus II Jalan H. M. Yasin Limpo No. 36
Samata-Gowa

²FKIP Universitas Muhammadiyah Parepare, Kampus II Jalan. Ahmad Yani Km. 7
Kota Parepare

E-mail: jamilah@uin-alauddin.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis bakteri dan konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang terkandung pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa. Pendekatan penelitian berupa deskriptif dengan jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Populasi penelitian adalah semua tanah dari hasil pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa sedangkan sampel adalah tanah hasil pembuangan limbah industri non pangan pabrik beton PT. Cipta Beton Sinar Perkasa. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah pengambilan sampel dan pengujian di laboratorium. Teknik analisis data yang digunakan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Berdasarkan hasil dan temuan penelitian didapatkan bakteri yang terkandung pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan adalah *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus badius*, *Alcaligenes faecalis*, *Acinetobacter calcoaceticus* dan *Bacillus alcalophilus*. Adanya bakteri yang ditemukan pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa masih memiliki potensi untuk memperbaiki kandungan tanah atau mengurangi tingkat pencemaran yang terjadi pada tanah. Konsentrasi Pb yang terkandung pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa berturut turut dari sampel 1 sampai ke 4 adalah 5.1934 mg/Kg, 3.9779 mg/Kg, 5.0829 mg/Kg, dan 5.9669 mg/Kg. Dapat dikatakan bahwa semakin dekat dengan sumber buangan, ditemukan lebih dari satu jenis bakteri yang dapat hidup dan berpotensi untuk mengakumulasi kandungan logam berat pada tanah.

Kata kunci: Bakteri dan Logam timbal (Pb)

Pendahuluan

Pasal 1 butir 2 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang perindustrian, yang dimaksud dengan industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi termasuk jasa industri. Perindustrian penting keberadaannya dalam sebuah Negara karena menjadi salah satu sumber pendapatan terbesar.

Industri (perindustrian) di Indonesia merupakan salah satu komponen perekonomian yang penting. Perkembangan industri di Indgvonesia termasuk cukup cepat. Sektor industri dapat tumbuh rata-rata mencapai 12,8%. Kecepatan ini logis karena baru dalam tahap awal melalui penanaman modal secara besar-besaran, tetapi kemudian pertumbuhannya menurun bila mendekati titik kejenuhan, kecuali

bila pasarannya dapat dikembangkan terus-menerus (Moeljosoedarmo, 2008).

Perindustrian di Indonesia tidak hanya memiliki kelebihan dalam bidang ekonomi tetapi juga memiliki kekurangan yaitu limbah dari pembuangan industri. Limbah Industri berasal dari sisa-sisa produksi industri. Limbah industri berupa padat, cair dan gas. Limbah padat yang merupakan hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari proses pengolahan. Limbah merupakan salah satu hasil sisa yang tidak dapat dipakai lagi, apabila limbah ini terlalu banyak di lingkungan maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan dan berdampak pada kesehatan dari masyarakat sekitar. Limbah dibagi menjadi dua bagian sumber yaitu limbah yang bersumber domestik (limbah rumah tangga) dan limbah yang berasal dari non-domestik (pabrik, industri dan limbah pertanian) (Pratiwi, 2008).

Limbah yang dihasilkan dari proses industri antara lain mengandung logam berat

yang dapat berasal dari industri peleburan baja, industri beton, baterai dan cat atau pewarnaan. Kandungan logam berat dalam lumpur atau sedimen berkisar 0.5-2% berat kering. Beberapa kasus konsentrasi logam berat kromium (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) dalam sedimen mencapai 4% berat kering (Saraswati, 2011).

Paparan logam berat pada lingkungan menimbulkan adanya kontak dengan mikroorganisme.

Mikroorganisme ada yang memiliki kemampuan untuk mengurangi atau menyerap kandungan logam berat pada tanah tau biasa disebut dengan istilah remediasi. Menurut (Erman, 2006) bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran dan hemat biaya (Hardiani *et al*, 2011).

Peranan mikroorganisme tanah dalam proses biogeokimia diantaranya adalah dalam siklus karbon dan siklus nitrogen. Pada siklus karbon, mikroorganisme mengubah sisa-sisa jasad tumbuhan dan hewan menjadi karbondioksida dan bahan organik tanah yang disebut humus. Humus meningkatkan kapasitas tanah untuk menampung air, menyediakan nutrisi untuk tumbuhan dan mendukung pembentukan tanah. Pada siklus nitrogen terjadi beberapa reaksi atau proses yaitu: 1) amonifikasi, 2) nitrifikasi 3) denitrifikasi, 4) fiksasi nitrogen. Mikroorganisme yang berperan dalam proses fiksasi nitrogen seperti: *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Rhodospirillum*, *Chlorobium*, *Cyanobacteria*, populasi tertinggi ditemukan adalah *Rhizobium* sp (Waluyo, 2009). Mikroorganisme yang mampu melakukan remediasi logam berat di antaranya adalah bakteri, contohnya yaitu *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, dan *Escherichia coli*. Kapang, contohnya yaitu *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus stolonifer* dan *Aspergillus oryzae*, sementara khamir, contohnya yaitu *Saccharomyces cerevisiae*.

Menurut (UU no. 23 Tahun 1997) Bab 1 pasal 1 no. 2 yang berbunyi, pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan,

pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian lingkungan hidup.

Lingkungan menurut Islam mencakup semua usaha kegiatan manusia dalam sudut ruang dan waktu. Lingkungan ruang, mencakup bumi, air, hewan dan tumbuh-tumbuhan serta semua yang ada di atas dan di dalam perut bumi, yang semuanya diciptakan Allah untuk kepentingan umat manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya. Sebagai khalifah, manusia diberi tanggung jawab pengelolaan alam semesta untuk kesejahteraan umat manusia, karena alam semesta memang diciptakan Tuhan untuk manusia dalam rangka tanggung jawab sebagai khalifah Allah tersebut manusia mempunyai kewajiban untuk memelihara kelestarian alam. Manusia mempunyai kewajiban untuk memelihara alam untuk keberlanjutan kehidupan, tidak hanya bagi manusia saja akan tetapi bagi semua makhluk hidup yang lainnya.

Fatwa Majelis Ulama Indonesia No.22 tahun 2011, proses eksplorasi dan eksploitasi wajib menjaga kelestarian dan keseimbangan lingkungan hidup agar tidak menimbulkan kerusakan (mafsadah). Dalam fatwa MUI tersebut memutuskan dan menetapkan bahwa segala bentuk pengrusakan lingkungan dan segala yang mengganggu kehidupan manusia hukumnya haram.

Berdasarkan hal tersebut diatas, memotivasi peneliti untuk melakukan penelitian untuk mengetahui masalah utama dari pencemaran logam berat karena logam tersebut dapat terakumulasi sampai pada rantai makanan. Oleh karena itu diperlukan suatu mekanisme yang efektif untuk mengolah limbah yang mengandung logam berat dan memulihkan lingkungan yang tercemar oleh logam berat. Oleh karena itu, peneliti ingin menuangkan dalam bentuk karya ilmiah berupa penelitian dengan judul “Analisis bakteri pengakumulasi logam pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan”.

Untuk dapat memberikan pemahaman tentang judul penelitian ini sehingga tidak terdapat kekeliruan penafsiran, maka penulis perlu menjelaskan kata dalam kaitannya dengan judul tersebut di atas berupa bakteri pengakumulasi logam berat timbal (Pb) adalah

bakteri yang mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi dari logam berat timbal (Pb) yang bersifat toksik (berbahaya). Akumulasi logam berat timbal (Pb) oleh bakteri tersebut dapat berlangsung secara aktif atau pasif. Pengambilan secara aktif berlangsung sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroba yang dapat diakumulasi secara intraselular dengan jumlah yang terbatas mengingat pada konsentrasi tinggi dapat bersifat toksik. Bakteri ini diisolasi dari lokasi yaitu pabrik beton.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jenis bakteri dan konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang terkandung pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa.

Metode Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan berupa deskriptif dimana desain penelitian ini bertujuan untuk menemukan sesuatu yang baru yang belum diketahui, belum dipahami dan belum dikenali. Adapun jenis penelitian adalah kualitatif dengan pendekatan deskriptif yang ditujukan untuk menganalisis jenis bakteri yang dapat mengakumulasi logam berat timbal (Pb) yang terkandung dalam tanah.

Lokasi pengambilan sampel ini dilakukan pada pabrik beton PT. Cipta Beton Sinar Perkasa Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan, dan selanjutnya diuji di Laboratorium Riset Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Waktu penelitian dimulai pada bulan September-November 2018.

Populasi pada penelitian ini adalah semua tanah dari hasil pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa. Sedangkan sampel pada penelitian adalah tanah hasil pembuangan limbah industri non pangan pada lokasi berbeda yaitu 1 meter, 5 meter, 10 meter dan 15 meter pada pabrik beton PT. Cipta Beton Sinar Perkasa di Kabupaten Gowa.

Pada penelitian ini hanya terdapat satu variabel yaitu bakteri pengakumulasi logam

berat timbal (Pb) di tanah pembuangan limbah industri non pangan.

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan sampel dan pengujian di laboratorium.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah wadah sampel tanah, skop, cawan petri, Spektrofotometri serapan atom (SSA), *Microwave*, lemari asam, neraca analitik, gelas ukur, botol flakon, erlenmeyer, rubber bulb, tabung vial, statif, gelas kimia, gelas ukur, meteran, *hot plate*, *cool box*, spatula, sendok, rak tabung dan tabung reaksi, gelas benda, pipet volume, incubator. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah, sampel tanah, kertas saring, asam nitrat (HNO_3) pekat, alkohol *swab*, plastic steril, tissue, media *Nutrient Agar* (NA), pewarnaan Gram, spritus, *MacConkey agar dan kapas*.

Tahapan penelitian ini terdiri atas tahap persiapan yaitu Tahap persiapan pada penelitian ini meliputi persiapan alat, bahan, lokasi pengambilan sampel, dan lokasi penelitian. Tahapan penentuan titik lokasi yaitu ditentukan secara *random* (acak) sampling yaitu tanah yang diambil dari masing-masing lokasi yaitu Pabrik Beton PT. Cipta Beton Sinar Perkasa Jl. Abdullah dg. Suro Kabupaten Gowa. Tahapan selanjutnya adalah metode pengambilan sampel, pengambilan sampel tanah dilakukan pada empat titik dari masing-masing industri yaitu pada titik 1 meter, 5 meter, 10 meter, dan 15 meter dari tempat pembuangan limbah. Sampel tanah yang diambil sebanyak 500 gram dari masing-masing titik pengambilan sampel. Kemudian tahapan isolasi bakteri untuk mengetahui jenis bakteri yang terdapat pada sampel. Tahapan terakhir adalah pengujian kadar logam, Pengujian kadar logam berat dilakukan dengan memindahkan larutan hasil detruksi basah ke dalam gelas ukur 50 ml. Selanjutnya mencuci tabung detruksi dengan air bebs logam dan memasukkannya kedalam gelas ukur. Dinginkan, lalu tambahkan aquadest sampai tand batas, dan homogenkan sampel hingga mendapatkan volume akhir sampel sebanyak 25 ml. Menyaring larutan dengan menggunakan kertas saring. Larutan siap dianalisa dengan

menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA).

Hasil dan Pembahasan

1. Jenis Bakteri

Hasil analisis jenis bakteri dari pabrik beton melalui pengamatan diperoleh yaitu isolat bakteri pada sampel dengan kode 1 menunjukkan adanya bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa*, Sampel dengan kode 2 menunjukkan adanya bakteri *Bacillus badius* dan bakteri *Alcaligenes faecalis*. Sampel dengan kode 3 menunjukkan adanya bakteri *Acinetobacter calcoaceticus*. Sampel dengan kode 4 menunjukkan adanya bakteri *Bacillus alcalophilus*.

Kemampuan bakteri dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungan tumbuhnya dapat disebabkan karena kemampuan bakteri dalam mengakumulasi logam berat tersebut. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion yang bermuatan positif sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat. Bakteri juga dapat mengakumulasi logam berat di dalam sel yang membentuk ikatan antara logam berat dengan suatu protein dalam sel yang disebut metalotionein. Metalotionein merupakan protein pengikat logam (metalbinding protein) yang berfungsi an berperan dalam proses pengikatan atau penangkapan logam di dalam jaringan setiap makhluk hidup (Yulaipi, 2013).

Bakteri *Pseudomonas* sp merupakan bakteri sel tunggal, gram negatif berbentuk batang lurus atau melengkung, mempunyai ukuran 0,5-1,0 x 1,5-5 μm , dapat bergerak karena flagella atau motil, tidak membentuk spora dan tumbuh secara aerob. Bakteri ini dapat menggunakan H_2 atau CO_2 sebagai sumber energi, terdapat di tanah, air limbah. Dan mampu mengolah sejumlah substrat organik umumnya banyak berperan dalam proses biotransformasi misalnya dalam mendegradasi minyak. *Pseudomonas* sp resisten terhadap logam berat seperti timbal (Pb), cadmium (Cd), dan Kromin (Cr), mampu menurunkan Cr^{6+} menjadi Cr^3 yang kurang toksik. Bakteri ini

menghasilkan produk metabolit seperti asam organik dan metabolit lain seperti H_2S dan ligan yang dapat menghilangkan ion-ion logam berat dari larutan atau merubah menjadi spesies yang kurang toksik, bakteri ini juga telah berhasil digunakan dalam bioremediasi ion cadmium (Cd) dalam larutan (Retnowati, 2013).

Baltazar *et al.* 2014, mengungkapkan dalam penelitiannya, bahwa pembersihan kandungan logam oleh mikroorganisme merupakan langkah yang sangat menjanjikan karena memiliki selektifitas yang tinggi dan laju pembersihan logam. Mikroorganisme tertentu seperti *P.aeruginosa* berpotensi melakukan regenerasi biomassa. Bakteri tersebut juga menunjukkan toleransi hingga 160 ppm dari logam timah pada daerah tambang. Pada kondisi laboratorium, *P.aeruginosa* dapat menghilangkan timah lebih dari 30% pada medium yang mengandung timah disbanding mikroba yang lain.

Bakteri *Bacillus* sp dapat digolongkan ke dalam bakteri sel berbentuk batang mempunyai ukuran 0.3-2.2 μm , dapat bergerak (motil), membentuk endospora tidak lebih dalam satu dalam satu sel sporangium, gram positif, aerob dan anaerob fakultatif dan umumnya dijumpai di tanah. Bakteri *Bacillus* sp sangat toleran terhadap toksisitas logam berat serta mampu menghilangkan logam berat dari lingkungan yang tercemar dan kemampuan menyerap logam berat tinggi. Bakteri ini biasanya ditemui pada tanah yang tercemar logam berat dan resisten terhadap timbal (Pb) dan krom (Cr) serta dapat mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^3 yang kurang toksik dapat mengekstrak logam berat dari biji logam dan dalam aktivitas metabolitnya menghasilkan produk asam-asam organik (Retnowati, 2013). Sebagaimana diketahui, logam berat merupakan polutan pada buangan industri dan sampah rumah tangga. Mikroba terkait teknologi bioremediasi memberikan metode alternative untuk membersihkan kandungan logam. Pada studi yang dilakukan oleh Grupta *et al.* 2014. Bertujuan untuk mengisolasi mikroorganisme tertentu dan menganalisis potensi resistensi pada logam berat pada kawasan domestic, industry dan pertanian di Jabalput, India. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa sangat disarankan menggunakan *Bacillus* sp karena memiliki jarak lebar resistensi yang lebih luas

pada uji kepekaan logam berat dan antibiotik. Hasil uji toleransi logam menunjukkan adanya toleransi maksimum pada Plumbum (Pb) dan toleransi minimum pada Zeng (Zn) dan Cuprum (Cu). *Bacillus sp.* Dapat menjadi agen potensial proses bioremediasi pada lingkungan yang tercemar logam berat.

Harikrishna et al. 2012, menyimpulkan dalam penelitiannya bahwa *B. subtilis* merupakan mikroorganisme yang paling toleran terhadap kandungan Pb dengan level lebih dari 50 mg/ L pada medium. Ditemukan bahwa bakteri tersebut sangat efisien dalam menyerap Pb. Absorpsi Pb oleh *B. subtilis* sangat dipengaruhi oleh komposisi media tumbuh sementara kemampuan menghilangkan Pb oleh *B. subtilis* sangat dipengaruhi oleh nilai pH value medium, waktu kontak, level biomass and konsentrasi Pb. Dengan demikian, *B. subtilis* berperan dengan sangat baik dalam mengabsorpsi, mengakumulasi, mendegradasi dan detoxifikasi plumbum dari lingkungan.

Alcaligenes faecalis merupakan bakteri Gram negatif, bersifat aerobik, dan motil. Jenis bakteri ini dapat ditemukan pada air, tanah dan asosiasi lingkungan dengan manusia serta dapat tumbuh pada suhu 37° C. *Alcaligenes faecalis* termasuk ke dalam Protobacteria, pertama kali ditemukan pada feses namun pada saat ini dapat ditemukan di lingkungan. Penelitian tentang bakteri *Alcaligenes faecalis* dilaporkan diketahui dapat mereduksi logam berat diantaranya logam kromium, timbal dan jenis logam lainnya yang berbahaya terhadap lingkungan dan bersifat toksik bagi makhluk hidup. Sehingga bakteri *Alcaligenes faecalis* dapat digunakan sebagai agen bioremediasi untuk mengurangi jumlah pencemaran logam berat terhadap lingkungan. Penelitian ini juga didukung pada penelitian yang dilakukan oleh Shakoori (2010) yang menunjukkan kemampuan bakteri *Alcaligenes faecalis* dalam mereduksi logam tetapi bukan logam timbal melainkan logam kromium (VI) sebesar 97% dari konsentrasi awal 100 µg/ml selama 24 jam pada media lurea bertani.

2. Uji Kandungan Logam Berat

Berdasarkan data menunjukkan bahwa konstentrasi logam berat (Pb) pada setiap titik

berbeda dan hasil menunjukkan semakin jauh lokasi dari sumber buangan menunjukkan semakin sedikit konstrasi logam berat yang terkandung. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh dari sumber buangan limbah industri maka akan semakin banyak bakteri yang dapat hidup dan mengakumulasi kandungan logam pada tanah.

Salah satu zat pencemar tanah yaitu limbah berupa logam berat. Masuknya kandungan logam berat kedalam tatanan suatu lingkungan diakibatkan oleh aktifitas manusia seperti buangan industry yang mengandung logam berat (Sudarwin, 2008). Salah satu jenis kandungan limbah buangan industry non-pangan adalah Pb.

Kandungan logam berat timbal (Pb) yang terdapat pada tanah limbah buangan pabrik Beton pada sampel dengan kode 1B menunjukkan konsentrasi 5.9669 mg/Kg. Sampel dengan kode 2B menunjukkan konsentrasi 5.1934 mg/Kg. Sampel dengan kode 3B konsentrasi 5.0829 mg/Kg. Sampel dengan kode 4B menunjukkan konsentrasi 3.9779 mg/Kg.

Kesimpulan

Bakteri yang terkandung pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa adalah *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus badius*, *Alcaligenes faecalis*, *Acinetobacter calcoaceticus* dan *Bacillus alcalophilus*. Adanya bakteri yang ditemukan pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa masih memiliki potensi untuk memperbaiki kandungan tanah atau mengurangi tingkat pencemaran yang terjadi pada tanah.

Konsentrasi Pb yang terkandung pada tanah di pembuangan limbah industri non pangan di Kabupaten Gowa berturut turut dari sampel 1 sampai ke 4 adalah 5.1934 mg/Kg, 3.9779 mg/Kg, 5.0829 mg/Kg, dan 5.9669 mg/Kg. Sehingga dikatakan bahwa semakin dekat dengan sumber buangan, ditemukan lebih dari satu jenis bakteri yang dapat hidup dan berpotensi untuk mengakumulasi kandungan logam pada tanah.

Daftar Pustaka

- Almunadi. 2001. "Isolasi Mikroba Penghasil Antibiotika Dari Tanah Kampus Unsri Indralaya Menggunakan Media Ekstrak Tanah". *Jurnal Penelitian Sains* 14308-37.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Gowa dalam Angka (Gowa in Figures) 2016*. Gowa: Badan Pusat Statistik Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.
- Marcela Baltazar, Louise Gracioso, Ingrid Avanzi, Marcela Veiga, Luciana Gimenes³, Claudio Nascimento, Elen Perpetuo. Bioremediation potential of *Pseudomonas aeruginosa* and *Enterobacter cloacae* isolated from a copper-contaminated area. *BMC Proceedings* 2014, 8(Suppl 4):P188
- Ferdiaz, S. 2008. *Polusi Air dan Udara*. Bogor: Karnisius.
- Gupta Mahendra K., Kumari Kiran, Shrivastava Amita and Gauri Shikha, 2014., Bioremediation Of Heavy Metal Polluted Environment Using Resistant Bacteria. *J. Environ. Res. Develop.* Vol.8. No. 4.
- Handayani, S. H., Yunus, A. dan Susilowati, A. 2015. Uji kualitas pupuk organik cair dari berbagai macam mikroorganismse lokal (MOL). *El-Vivo 3 (1)*: 54-60.
- Hardiani, Henggar, Dkk. 2011. "Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking". *Jurnal Selulosa*: 32-33.
- Harikrishna Yadav, Nanganuru, Satish. Mutyala, Bhanu Prakash. Maradala, 2012. Studies on Biological Removal of Plumb (Pb) by *Bacillus subtilis*. *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 3, Issue 7, July-2012.
- Khoiroh, Zaimatul. 2012. "Bioremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Campuran Bakteri (*Pseudomonas pseudomallei* dan *Pseudomonas aeruginosa*)". *Jurnal Biologi Lingkungan*: 09.
- Kusnadi. 2003. *Mikrobiologi*. JICA. Bandung: FMIPA UPI.
- Moeljoedarmo, Soeripto. 2008. *Higien Industri*. Jakarta: Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Mullen, M. D. 2009. "Bacterial Sorption Of Heavy Metals". *Journal Applied And Environmetal Microbiologi*: 3143.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah Dan Air Tanah*. Bandung: ITB-Press.
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran Tanah Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prasetya, Yulianto. 2012 "Adaptasi Genera *Bacillus* Pada Media yang Mengandung Logam Timbal". *Jurnal Scientific Conference Of Environmental Technology*: 13.
- Pratiwi, Sylvia T. 2008 *Mikrobiologi Farmasi*. Yogyakarta: UGM.
- Retnowati, Yuliana. 2013. "Pemanfaatan Berbagai Jenis Bakteri Dalam Proses Bioleaching Limbah Logam Berat". *Jurnal Lingkungan*: 15-16.
- R. A. Ansari, A. A. Qureshi & D. S. Ramteke, 2016. Isolation and characterization of heavy-metal resistant microbes from Industrial soil. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES* Volume 6, No 5, 2016
- Shakoori et al. 2010. "Isolation and characterization of Cr⁶⁺ reducing bacteria and their potential use in bioremediation of chromium containing wastewater". *Pakistan J. Zool.* 42 (6): 651-658.
- Saraswati, Rasti. 2011. "Mikroba Pengakumulasi Logam Berat". *Jurnal Sains dan Teknologi*: 96-97.
- Satya, Awalina. 2012. "Kemampuan Isolat Bakteri Dari Sedimen Situ Sebagai Aquatic Bioremoval Agent Ion Logm Berat". *Jurnal. Seminar Nasional Lemnologi*: 564.
- Siregar, Tuti Hartati. 2008. "Kandungan Logam Berat Pada Beberapa Lokasi Perairan Indonesia Pada Tahun 2001 Sampai Dengan 2005". *Jurnal Bioteknologi*: 7-8.
- Septiningrum Krisna dan Henggar Hardiani. 2011. Aplikasi Konsumsi Mikroba untuk Meremediasi Tanah Terkontaminasi Timbal dari Limbah Proses *Deinking* Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*. Vol. 1(2): 89-101.

- Sugiharyanto dan Khotimah, Nurul. 2009.
Diktat Mata Kuliah Geografi Tanah PGF-
207. Universitas Negeri Yogyakarta:
Yogyakarta.
- Waluyo, Lud. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*.
Malang: Umm Press.
- Yulaipi, Sumah. 2013. "Bioakumulasi Logam
Berat Timbal (Pb) Dan Hubungannya
Dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair
(*Oreochromis mossambicus*)" *Jurnal
Sains dan Seni Pomits*:166.