

**POTENSI KULTUR ISOLAT BAKTERI DAN FUNGI SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI LOGAM KROM SECARA IN VITRO**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Biologi



oleh :

Diah Puspita Sari

1805117

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2022**

**POTENSI KULTUR ISOLAT BAKTERI DAN FUNGI SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI LOGAM KROM SECARA IN VITRO**

Oleh

Diah Puspita Sari

Skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

©Diah Puspita Sari 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

2022

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya ataupun sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

DIAH PUSPITA SARI

**POTENSI KULTUR ISOLAT BAKTERI DAN FUNGI SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI LOGAM KROM SECARA IN VITRO**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. H. Wahyu Surakusumah, M.T.

NIP. 197212301999031001

Pembimbing II



Dr. Kusnadi, M.Si.

NIP. 196805091994031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi



Dr. Hj. Diah Kusumawaty, M.Si.

NIP. 197008112001122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Potensi Kultur Isolat Bakteri dan Fungi Sebagai Agen Bioremediasi Logam Krom Secara In Vitro” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya bersedia menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

Diah Puspita Sari

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Potensi Kultur Isolat Bakteri dan Fungi Sebagai Agen Bioremediasi Logam Krom Secara In Vitro”. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi S1 dan memperoleh gelar sarjana sains di Universitas Pendidikan Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam mengarahkan, membimbing, mengajarkan, dan juga mendoakan penulis dalam menyelesaikan segala bentuk kegiatan penelitian dan juga penulisan skripsi selama ini. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Wahyu Surakusumah, M.T., selaku dosen pembimbing I yang selama ini senantiasa membimbing, memberikan arahan, masukan dan saran, serta motivasi kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai dilakukan.
2. Bapak Dr. Kusnadi, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang juga telah membimbing, memberi masukan, dan juga mengarahkan penulis hingga skripsi ini selesai dilakukan.
3. Bapak Dr. Bambang Supriatno, M.Si., selaku Ketua Departemen Pendidikan Biologi, Prof. Yayan Sanjaya, M.Si., Ph.D., selaku Sekretaris Departemen Pendidikan Biologi, dan Ibu Dr. Hj. Diah Kusumawaty, M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi.
4. Ibu Dr. Hj. Diah Kusumawaty, M.Si. dan Ibu Dr. R. Kusdianti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan motivasi kepada penulis selama kegiatan perkuliahan.
5. Ibu Dr. R. Kusdianti, M.Si. dan Ibu Dr. Rini Solihat, M.Si. selaku ketua DBS yang selalu memberikan motivasi, informasi, dan bimbingannya mengenai skripsi.
6. Seluruh dosen Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI atas segala dukungan, ilmu, bimbingan, nasihat, dan juga pengalaman serta fasilitas yang telah diberikan selama kegiatan perkuliahan.

7. Seluruh staf tata usaha dan laboran Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah memberikan bantuan dan arahan selama kegiatan perkuliahan dan penelitian skripsi.
8. Irna Riski Kardila dan Shintya Yuniar selaku rekan satu penelitian yang selalu menemani dan berjuang bersama dari awal penelitian hingga akhir pengerjaan penelitian skripsi.
9. Teman-teman seperjuangan wet lab yang selalu membantu, mendukung, dan memberi semangat selama penelitian di laboratorium.
10. Rekan seperjuangan kelas Biologi C 2018 terutama Dilla, Hanina, Ria Aprilia, dan Shafira yang telah kebersamai penulis menjalani perkuliahan sejak awal semester hingga selesainya masa studi ini.
11. Kedua orang tua penulis, keluarga, dan teman-teman yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan secara moril maupun materil.
12. Seluruh pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan dan motivasinya selama penulis menyusun skripsi ini.

Semoga Allah SWT. senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan bagi semua pihak yang telah terlibat dan berperan penting dalam proses kegiatan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis berterima kasih serta memohon maaf atas banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini, baik dari segi teknis penulisan maupun materi serta informasi yang penulis bahas dalam laporan ini. Semoga penelitian ini dapat menjadi manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi semua pembaca.

Bandung, Agustus 2022

Penulis

Diah Puspita Sari

ABSTRAK

Industri penyamakan kulit berkembang pesat di Indonesia karena memiliki nilai ekspor yang tinggi. Namun, perusahaan industri ini kurang baik dalam mengolah limbahnya, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Logam krom merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam proses penyamakan kulit. Jika limbah yang mengandung logam krom ini dibuang ke lingkungan, maka akan berdampak negatif bagi lingkungan dan masyarakat sekitar. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengatasi pencemaran lingkungan ini adalah metode bioremediasi. Bakteri dan fungi yang diisolasi dari tanah tercemar logam krom umumnya memiliki resistensi yang lebih tinggi terhadap logam krom, serta konsorsium bakteri dan fungi tersebut memiliki kemampuan mengurangi konsentrasi logam krom pada tanah. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kemampuan kultur konsorsium bakteri dan fungi dari area rhizosfer terhadap remediasi logam krom. Bakteri dan fungi diisolasi dari tanah area rhizosfer tumbuhan yang berada di sekitar bak penampungan limbah di wilayah Sukaregang, Kabupaten Garut. Bakteri dan fungi diidentifikasi kemudian diseleksi dengan memilih bakteri dan fungi yang resisten terhadap logam krom. Bakteri dan fungi yang terpilih diuji kemampuannya dalam menyerap logam krom. Kemampuan penyerapan logam krom ditunjukkan berdasarkan nilai bioakumulasinya. Konsorsium bakteri genus *Staphylococcus* dan fungi genus *Rhodotorula* dan *Saccharomyces* memiliki kemampuan penyerapan yang paling baik dengan nilai bioakumulasi sebesar 63,57%.

Kata kunci : industri penyamakan kulit, logam krom, bakteri dan fungi rhizosfer, konsorsium bakteri dan fungi, resisten logam krom.

ABSTRACT

The leather tanning industry is growing rapidly in Indonesia because it has a high export value. However, this industrial company is not good at treating its waste, thus causing environmental pollution. Chrome metal is one of the materials used in the leather tanning process. If this waste containing chrome metal is discharged into the environment, it will have a negative impact on the environment and the surrounding community. One of the methods that can be done to overcome this environmental pollution is the bioremediation method. Bacteria and fungi isolated from soil polluted with chrome metal generally have a higher resistance to chrome metal, and the consortium of bacteria and fungi has the ability to reduce the concentration of chrome metal in the soil. The purpose of the study was to determine the culture ability of a consortium of bacteria and fungi from the rhizosphere area to chrome metal remediation. Bacteria and fungi are isolated from the soil of the rhizosphere area of plants around the waste reservoir in the Sukaregang area, Garut Regency. Bacteria and fungi are identified and then selected by selecting bacteria and fungi that are resistant to chrome metals. The selected bacteria and fungi were tested for their ability to absorb chrome metal. The absorption ability of chrome metal is indicated based on its bioaccumulation value. The consortium of bacteria of the genus *Staphylococcus* and fungi of the genus *Rhodotorula* and *Saccharomyces* have the best absorption ability with a bioaccumulation value of 63.57%.

Keywords : *leather tanning industry, chromium metal, rhizosphere bacteria and fungi, consortium bacteria and fungi, chrome metal resistance.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Struktur Organisasi Skripsi.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Logam Krom (Cr).....	7
2.2 Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Krom (Cr).....	8
2.3 Mikroorganisme Rhizosfer Sebagai Agen Bioremediator.....	8
2.4 Peran Bakteri dan Fungi dalam Remediasi Logam Krom.....	10
2.5 Mekanisme Bakteri dan Fungi Dalam Proses Remediasi Logam Krom.....	11
2.6 Uji Aktivitas Biokimia Bakteri.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Jenis Penelitian.....	17
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	17
3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	17
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.5 Prosedur Penelitian.....	18
3.5.1 Tahap Persiapan.....	18
3.5.2 Tahap Penelitian.....	18
3.5.2.1 Pengambilan Sampel Tanah.....	18
3.5.2.2 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri dan Fungi.....	19
3.5.2.3 Analisis Kandungan Logam.....	19

3.5.2.4	Isolasi Bakteri dan Fungi.....	20
3.5.2.5	Pembuatan Biakan Murni.....	20
3.5.2.6	Identifikasi Bakteri Resisten Logam Krom.....	20
3.5.2.7	Identifikasi Fungi Resisten Logam Krom	23
3.5.2.8	Seleksi Isolat Bakteri dan Fungi Resisten Logam Krom	23
3.5.2.9	Uji Penyerapan Logam Krom Oleh Konsorsium Bakteri dan Fungi	24
3.5.2.10	Pengukuran Kandungan Logam Krom Pada Media Konsorsium Bakteri dan Fungi.....	24
3.5.2.11	Analisis Data.....	24
3.6	Alur Penelitian.....	25
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Isolasi Mikroorganisme Rhizosfer Tumbuhan Tercemar Logam Krom	26
4.2	Karakterisasi dan Identifikasi Isolat Bakteri Rhizosfer	27
4.2.1	Karakterisasi dan Identifikasi Isolat Bakteri Secara Makroskopis ..	28
4.2.2	Karakterisasi dan Identifikasi Isolat Bakteri Secara Mikroskopis ..	29
4.2.3	Uji Aktivitas Biokimia Bakteri	32
4.2.4	Identifikasi Genus Bakteri Rhizosfer.....	41
4.3	Karakterisasi dan Identifikasi Isolat Fungi Rhizosfer	46
4.3.1	Karakteristik Morfologi Fungi Secara Makroskopis	46
4.3.2	Karakteristik Morfologi Fungi Secara Mikroskopis	47
4.3.3	Identifikasi Genus Fungi Rhizosfer	49
4.4	Kelimpahan Mikroba yang ditemukan Pada Area Rhizosfer Tumbuhan....	55
4.5	Skrining dan Seleksi Mikroorganisme Rhizosfer Resistensi Logam Krom	56
4.6	Uji Penyerapan Logam Krom Oleh Konsorsium Isolat Bakteri dan Fungi.	60
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI		63
5.1	Simpulan.....	63
5.2	Implikasi	63
5.3	Rekomendasi	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN.....		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Bakteri Bereaksi Terhadap Logam Berat Secara Intraseluler dan Ekstraseluler	11
Gambar 3.2 Titik Pengambilan Sampel Tanah	18
Gambar 3.3 Bagan Alur Penelitian	25
Gambar 4.1 Hasil Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Secara Makroskopis ..	29
Gambar 4.2 Hasil Pewarnaan Gram Isolat Bakteri (1000x)	31
Gambar 4.3 Hasil Pewarnaan Endospora Isolat Bakteri (Perbesaran 1000x).....	32
Gambar 4.4 Hasil Uji Hidrolisis Pati	34
Gambar 4.5 Hasil Uji Hidrolisis Lemak	35
Gambar 4.6 Hasil Uji Hidrolisis Gelatin.....	35
Gambar 4.7 Hasil Uji Hidrolisis Kasein	36
Gambar 4.8 Hasil Uji Indol.....	37
Gambar 4.9 Hasil Uji MR (<i>Methyl Red</i>)	37
Gambar 4.10 Hasil Uji VP (Voges-Proskauer).....	38
Gambar 4.11 Hasil Uji Sitrat.....	38
Gambar 4.12 Hasil Uji Fermentasi Karbohidrat	39
Gambar 4.13 Hasil Uji Katalase	40
Gambar 4.14 Hasil Uji Produksi H ₂ S.....	40
Gambar 4.15 Hasil Uji Motilitas.....	41
Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Morfologi Fungi Secara Makroskopis	47
Gambar 4.17 Hasil Pengamatan Morfologi Fungi Secara Mikroskopis	48

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Karakteristik Lingkungan Rhizosfer	26
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri Secara Makroskopis	28
Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Isolat Bakteri Secara Mikroskopis	30
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Uji Aktivitas Biokimia dan Identifikasi Bakteri	33
Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Morfologi Fungi Secara Makroskopis	46
Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Morfologi Fungi Secara Mikroskopis	47
Tabel 4.7 Hasil Kelimpahan Mikroba Pada Rhizosfer Tumbuhan di Lingkungan Tercemar Logam Krom.....	55
Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Uji Skrining Isolat Bakteri Rhizosfer terhadap Logam Krom Secara Kualitatif	56
Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Uji Skrining Isolat Bakteri Rhizosfer terhadap Konsentrasi Logam Krom 1000 mg/kg Secara Kuantitatif.....	57
Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Uji Skrining Isolat Fungi Rhizosfer terhadap Logam Krom	59
Tabel 4.11 Hasil Uji Penyerapan Logam Krom Oleh Konsorsium Bakteri dan Fungi	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian	73
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Indeks Nilai Penting (INP)	76
Lampiran 3. Hasil Uji Kandungan Logam Krom Pada Tanah dengan AAS	78
Lampiran 4. Hasil Uji Aktivitas Biokimia Bakteri	79
Lampiran 5. Uji Skrining Bakteri dan Fungi	91
Lampiran 6. Hasil Uji Penyerapan Logam Krom Pada Bakteri dan Fungi dengan AAS.....	97
Lampiran 7. Hasil Uji T Pada Uji Penyerapan Logam Krom Oleh Bakteri dan Fungi	98

DAFTAR PUSTAKA

- Adriantama, S., Suriyanti, S., & Nontji, M. (2021). isolasi dan identifikasi morfologi serta uji pelarutan fosfat terhadap bakteri rhizosfer tanaman kedelai (*Glycine max L.*). *Agrotekmas Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1), 24-32.
- Ahmad, W. A., Wan Ahmad, W. H., Karim, N. A., Santhana Raj, A. S., & Zakaria, Z. A. (2013). Cr(VI) reduction in naturally rich growth medium and sugarcane bagasse by *Acinetobacter haemolyticus*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 85(2013), 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.01.008>
- Alqum, A., & Tarsono, N. (2019). Pemanfaatan Autoclave Model 1925x Sebagai Alat Suling dengan Model Kondensor Graham dan Kondensor Allihn untuk Mendukung Praktikum Mahasiswadi Laboratorium Produksi Tanaman II Politeknik Negeri Lampung. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(4), 34-40.
- Amami, A. N., & Imaningsih, W. (2019). Skrining aktivitas bioakumulasi logam Cr (kromium) isolat kapang asal sedimen Situ Kuru, Tangerang Selatan. *Prosiding*. 4(April), 203–210.
- Anahid, S., Yaghmaei, S., & Ghobadinejad, Z. (2011). Heavy metal tolerance of fungi. *Scientia Iranica*, 18(3C), 502–508. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.05.015>
- Angela, A., & Marzuki, I. (2021). Kapasitas Bioadsorpsi Bakteri Simbiosis Spons Laut Terhadap Kontaminan Logam Berat. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 7(1), 12-22.
- Anil, A. G., Swaraj, S., Subramanian, S., & Ramamurthy, P. C. (2021). Analysis of Cr (VI) bioremediation by *Citrobacter freundii* using synchrotron soft x-ray scanning transmission x-ray microscopy. *Quantum Beam Science*, 5(4), 28.
- Ardinal, A., Salmariza, S., & Kasim, A. (2014). Perilaku krom dalam limbah cair penyamakan kombinasi krom-gambir dan krom-mimosa pada penyamakan kulit. *Jurnal Litbang Industri*, 4(1), 59. <https://doi.org/10.24960/jli.v4i1.646.59-66>
- Aslam, F., Yasmin, A., & Sohail, S. (2020). Bioaccumulation of lead, chromium, and nickel by bacteria from three different genera isolated from industrial effluent. *International Microbiology*, 23(2), 253–261. <https://doi.org/10.1007/s10123-019-00098-w>
- Azubuikwe, C. C., Chikere, C. B., & Okpokwasili, G. C. (2016). Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2137-x>

- Bandara, W. M. M. S., Seneviratne, G., & Kulasooriya, S. A. (2006). Interactions among endophytic bacteria and fungi: effects and potentials. *Journal of biosciences*, 31(5), 645-650.
- Bánfalvi, G. (2011). Cellular effects of heavy metals. In *cellular effects of heavy metals*. New York: USA. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0428-2>
- Benizri, E., & Kidd, P. S. (2018). The role of the rhizosphere and microbes associated with hyperaccumulator plants in metal accumulation. In *Agromining: farming for metals*. 157-188.
- Bhatnagar, S., & Kumari, R. (2013). Bioremediation: A sustainable tool for environmental management – A review. *Annual Review & Research in Biology*, 3(4), 974–993.
- Cappuccino, J. & Welsh, C. (2020). *Microbiology: A Laboratory Manual, 12th Edition*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.
- Chai, L., Huang, S., Yang, Z., Peng, B., Huang, Y., & Chen, Y. (2009). Cr (VI) remediation by indigenous bacteria in soils contaminated by chromium-containing slag. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1–3), 516–522. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.01.030>
- Chatterjee, S., Chatterjee, N. C., & Dutta, S. (2012). Bioreduction of chromium (VI) to chromium (III) by a novel yeast strain *Rhodotorula mucilaginosa* (MTCC 9315). *African Journal of Biotechnology*, 11(83), 14920-14929.
- Cheema, U., Rizwan, M., Jalal, R., Durrani, F., & Sohail, N. (2013). The trend of online shopping in 21st century: Impact of enjoyment in TAM Model. *Asian Journal of Empirical Research*, 3(2), 131-141.
- Damayanti, SC., Komala, O., & Effendi, EM. (2018). Identifikasi bakteri dari pupuk organik cair isi rumen sapi. *Ekologia : Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 18(2) : 63-71.
- De Rossi, A., Rigon, M. R., Zapparoli, M., Braido, R. D., Colla, L. M., Dotto, G. L., & Piccin, J. S. (2018). Chromium (VI) biosorption by *Saccharomyces cerevisiae* subjected to chemical and thermal treatments. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(19), 19179-19186.
- Deepali. (2011). Bioremediation of Chromium (Vi) from Textile Industry's Effluent and Contaminated Soil Using *Pseudomonas putida*. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 2(1), 24–31
- Devi, Y. S., Guptab, J. C., & Mukherjee, K. J. (2011). Optimization of bioprocess conditions to enhance xylanase production from *Bacillus coagulans*. *INT J CURR SCI*, 1, 58-68.
- Ed-har, A., Widyastuti, R., & Djajakirana, K. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendeградasi Selulosa Dan Pektin Dari Rhizosfer *Aquilaria*

- malaccensis. *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 58-64.
- Ellenberg. H, Dumbois. M. Dieter. (2016). *Ekologi Vegetasi : Tujuan dan Metode*. LIPI press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia (Alih bahasa oleh Kuswata Kartawinata dan Rochadi Abdulhadi).
- Fachria, R., Ramdan, H., & Aryantha, I. N. P. (2019). Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 379-388.
- Hamdiyati, Y. & Kusnadi. (2019). *Petunjuk praktikum mikrobiologi*. Fakultas MIPA. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Handrianto, P. (2018). Mikroorganisme pendegradasi TPH (total petroleum hydrocarbon) sebagai agen bioremediasi tanah tercemar minyak bumi. *Jurnal SainHealth*, 2(2), 35-42.
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2011). 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>
- Hidayat, N., Anggarini, S., & Maula, A. (2014). Bioremediasi logam kromium pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan isolat bakteri indigenous. *Proceeding 2014 ICoA-APTA Indonesian Track, November*, 1–5.
- Holt, J., Sneath, P., & Krieg, N. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th. Edition*. USA: Williams and Wilkins Baltimore.
- Hoseinzadeh, S., Shahabivand, S., & Aliloo, A. A. (2017). Toxic metals accumulation in *Trichoderma asperellum* and *T. harzianum*. *Microbiology (Russian Federation)*, 86(6), 728–736. <https://doi.org/10.1134/S0026261717060066>
- Huda, C, Salni & Melki. (2012). Penapisan aktivitas antibakteri dari bakteri yang berasosiasi dengan karang lunak *Sarcophyton sp.* *Maspari Journal*, 4(1): 69-76.
- Hussey, M. A., & Zayaitz, A. (2007). Endospore stain protocol. *Am Soc Microbiol*, 8, 1-11.
- Istini. (2020). Pemanfaatan Plastik Polipropilen Standing Pouch Sebagai Salah Satu Kemasan Sterilisasi Peralatan Laboratorium. *Indonesian Journal Of Laboratory*. 2(3): 41-46.
- Joshi, P. K., Swarup, A., Maheshwari, S., Kumar, R., & Singh, N. (2011). Bioremediation of heavy metals in liquid media through fungi isolated from contaminated sources. *Indian Journal of Microbiology*, 51(4), 482–487. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0110-9>

- Joutey, N. T., Sayel, H., Bahafid, W., & Ghachtouli, N. E. (2015). Mechanisms of hexavalent chromium resistance and removal by microorganisms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 233, 45-69.
- Karigar, C. S., & Rao, S. S. (2011). Role of microbial enzymes in the bioremediation of pollutants: A review. *Enzyme Research*, 2011(1). <https://doi.org/10.4061/2011/805187>
- Khairani, N., Azam, M., Sofjan, K. F., & Soeleman. (2007). Limbah tekstil dengan metode analisis. *Berkala Fisika*, 10(1), 35.
- Kuperman, R. G., & Carreiro, M. M. (1997). Soil heavy metal concentrations, microbial biomass and enzyme activities in a contaminated grassland ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(2), 179-190. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00297-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00297-0)
- Lapik, C. (2017). Biosorpsi Logam Berat Cr(VI) Dengan Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Skripsi. Fakultas Teknik: Universitas Hasanuddin.
- Laxmi, V., & Kaushik, G. (2020). Toxicity of hexavalent chromium in environment, health threats, and its bioremediation and detoxification from tannery wastewater for environmental safety. In *Bioremediation of industrial waste for environmental safety* (pp. 223-243). Springer, Singapore.
- Lestari, A., & Samsunar, S. (2019). Analisis kadar padatan tersuspensi total (tss) dan logam krom total (Cr) pada limbah tekstil di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Chemical Research*, 6(1), 32-41.
- Li, X., Fan, M., Zhang, Y., Liu, L., Yi, F., Chang, J., & Li, J. (2021). Remediation of chromium-and fluoride-contaminated groundwater by immobilized *Citrobacter* sp. on a nano-ZrO₂ hybrid material. *Plos one*, 16(6), e0253496.
- Li, Z., Zu, C., Wang, C., Yang, J., Yu, H., & Wu, H. (2016). Different responses of rhizosphere and non-rhizosphere soil microbial communities to consecutive *Piper nigrum* L. monoculture. *Scientific reports*, 6(1), 1-8.
- Lubis, S., Riwayati, & Idramsa. (2015). Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dari Tumbuhan Raru (*Cotilelobium melanoxyton*) Pendegradasi Selulosa. *Jurnal Biosains*. 1(3): 100-106.
- Madigan, T., Bender, K., Buckley, D., Sattley, W., & Stahl, D. (2018). Brock biology of microorganisms 15th edition. New Jersey: Pearson Education.
- Mardiyono, M., Sajidan, S., Masykuri, M., & Setyono, P. (2019). Bioremediation using *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae* to reduce chromium in electroplating liquid waste. *SAINS TANAH - Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 16(2), 191. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v16i2.29730>
- Ma'mun, S., Theresa, M., & Alfimona, S. (2016). Penggunaan membran kitosan untuk menurunkan kadar logam krom pada limbah industri penyamakan

kulit. *Teknoin*, 22(5): 367-371.

- Marsandi F, Hermansah, Agustian, Yasin S. (2017). Review: Diversity of soil organisms and their relationship with diversity of plant species in tropical rainforest of Pinang-Pinang Padang, Indonesia. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 3: 309-318.
- Ministry of State for Population and Environment Republic of Indonesia and Dalhousie University of Canada. (1992). Environmental Management in Indonesia. Report on Soil Quality Standards for Indonesia (*interim report*).
- Mishra, J., Singh, R., & Arora, N. K. (2017). Alleviation of heavy metal stress in plants and remediation of soil by rhizosphere microorganisms. *Frontiers in microbiology*, 8, 1706.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2017). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*. 68(1), 12–26. https://doi.org/10.1111/ejss.4_12398
- Pahlevi, M. N., Mirwan, A., & Triwulandari, R. (2013). Pengambilan Logam Cr6+ Dan Cr Total Dari Limbah Industri Elektroplating Secara Elektrokogulasi. *Konversi*, 1(1), 45-50.
- Pakpahan, M., Ekowati., C., & Handayani, K. (2013). Karakterisasi Fisiologi Dan Pertumbuhan Isolat Bakteri Bacillus thuringiensis Dari Tanah Naungan Di Lingkungan Universitas Lampung. *Seminar Nasional Sains & Teknologi V*. (751-759).
- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O. K., & Indriyani, W. (2020). Karakterisasi Mikroskopis dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *CIWAL (Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan)*, 1(1), 9-17.
- Purwanti, I. F., Kurniawan, S. B., Tangahu, B. V., & Rahayu, N. M. (2017). Bioremediation of trivalent chromium in soil using bacteria. *Int. J. Appl. Eng. Res*, 12(20), 9346-9350.
- Putri, E., Yuliani, Lisdiana, L. (2017). Identifikasi Isolat Bakteri Endofit A1 dan B1 dari Akar Tanaman Ubi Jalar (Ipomoea Batatas) Var. Papua Patippi Berdasarkan Karakter Fenotipik. *Lentera Bio*. 6(3): 62-69.
- Rahayu, S. P. (2008). Peranan mikroorganisme dalam bioremediasi tanah yang tercemar logam berat dari limbah industri (review). In *Jurnal Kimia dan Kemasan* (pp. 21–29). <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.3583>
- Rahayu, S. A., & Gumilar, M. M. H. (2017). Uji cemaran air minum masyarakat sekitar Margahayu Raya Bandung dengan identifikasi bakteri Escherichia coli. *Indonesian journal of pharmaceutical science and technology*, 4(2), 50-56.

- Rosariastuti, R., M., Pramono, A., Ngadiman, N., & D Prijambada, I. (2012). Peran rhizobakteri dalam fitoekstraksi logam berat kromium pada tanaman jagung. *Jurnal Ecolab*, 6(1), 38–50. <https://doi.org/10.20886/jklh.2012.6.1.38-50>
- Saeed, Q., Xiukang, W., Haider, F. U., Kučerik, J., Mumtaz, M. Z., Holatko, J., ... & Mustafa, A. (2021). Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: a comprehensive review of effects and mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(19), 10529.
- Safitri, E. (2019). Uji Presipitasi Kalsium Karbonat (CaCO₃) oleh Bakteri Ureolitik Dari Gua Kembar Di Kawasan Karst Malang, Jawa Timur. Skripsi. Universitas Islam Sunan Ampel, Surabaya.
- Sagar, S., Dwivedi, A., Yadav, S., Tripathi, M., & Kaistha, S. D. (2012). Hexavalent chromium reduction and plant growth promotion by *Staphylococcus arlettae* strain Cr11. *Chemosphere*, 86(8), 847-852.
- Said, I., Jalaluddin, M. N., & Upe, A. (2009). Penetapan konsentrasi logam berat krom dan timbal dalam sedimen estuaria sungai Matangpondo Palu. *Chemical*, 10(2), 40–47.
- San, N. O., & Dönmez, G. (2012). Biosorption of chromium (VI), nickel (II) and Remazol Blue by *Rhodotorula muciluginosa* biomass. *Water Science and Technology*, 65(3), 471-477.
- Sayqal, A., & Ahmed, O. B. (2021). Review article advances in heavy metal bioremediation : An overview. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2021, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/1609149>
- Setiawati, T. C., & Mihardja, P. A. (2018). Identifikasi dan kuantifikasi metabolit bakteri pelarut fosfat dan pengaruhnya terhadap aktivitas *Rhizoctonia solani* pada tanaman kedelai. *Journal of Tropical Soils*, 13(3), 233-240.
- Shakoori, A. R., Makhdoom, M., & Haq, R. U. (2000). Hexavalent chromium reduction by a dichromate-resistant gram-positive bacterium isolated from effluents of tanneries. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53(3), 348–351. <https://doi.org/10.1007/s002530050033>
- Sharma, S. (2012). Bioremediation: Features, strategies and applications. *Asian Journal of Pharmacy and Life Science*, 2(2), 202–213.
- Soemarno. (2000). *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Klinik*. Yogyakarta: Akademi Analisis Kesehatan Yogyakarta Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Soerianegara I, & Indrawan, A. (2002). *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Srinath, T., Verma, T., Ramteke, P. W., & Garg, S. K. (2002). Chromium (VI) biosorption and bioaccumulation by chromate resistant bacteria.

Chemosphere, 48(4), 427–435. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00089-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00089-9)

- Sumarni. (2009). Uji Krom Heksavalen (Cr(VI)) Secara Ekstraksi Dan Penentuannya Dengan Spektrofotometri Serapan Atom. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Sumawijaya, N., Mulyono, A., & Rusydi, A. F. (2020). Studi Kemampuan Adsorpsi Ion Logam Cr⁶⁺ oleh Tanah Vulkanik “Studi Kasus Wilayah Industri Penyamakan Kulit, Garut”. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 21(1): 125-130.
- Suresh, G., Balasubramanian, B., Ravichandran, N., Ramesh, B., Kamyab, H., Velmurugan, P., ... & Ravi, A. V. (2021). Bioremediation of hexavalent chromium-contaminated wastewater by *Bacillus thuringiensis* and *Staphylococcus capitis* isolated from tannery sediment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11(2), 383-391.
- Susilawati, S., Mustoyo, M., Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., & Simanjuntak, B. H. (2013). Analisis kesuburan tanah dengan indikator mikroorganisme tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Plateau Dieng. *Agric*, 25(1), 64-72.
- Syulasmı, A., Hamdiyati, Y. & Kusnadi. (2005). Petunjuk praktikum mikrobiologi. Fakultas MIPA. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung
- Tariq, M., Waseem, M., Rasool, M. H., Zahoor, M. A., & Hussain, I. (2019). Isolation and molecular characterization of the indigenous *Staphylococcus aureus* strain K1 with the ability to reduce hexavalent chromium for its application in bioremediation of metal-contaminated sites. *PeerJ*, 7, e7726.
- Thairu, Y., Nasir, I. A., & Usman, Y. (2014). Laboratory perspective of gram staining and its significance in investigations of infectious diseases. *Sub-Saharan African Journal of Medicine*, 1(4), 168.
- Triatmojo, S., Sihombing, D., Djojowidagdo, T. H. S., & Wiradarya, T. R. (2001). Biosorpsi dan reduksi krom limbah penyamakan kulit dengan biomassa *Fusarium sp* dan *Aspergillus niger*. *Manusia Dan Lingkungan*, VIII(2), 70–81.
- Tripathi, N. & Sapra, A., (2021). *Gram Staining*. University of Kentucky: StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). Available at: <http://europepmc.org/abstract/MED/32965827>.
- Thacker, U., Parikh, R., Shouche, Y., & Madamwar, D. (2006). Hexavalent chromium reduction by *Providencia sp*. *Process Biochemistry*, 41(6), 1332-1337.
- Valls, M., & De Lorenzo, V. (2002). Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution. *FEMS microbiology Reviews*, 26(4), 327-338.

- Wahyuningsih, M., Sarjono, P. R., & Aminin, A. L. (2013). Biokonversi Jerami Padi Menjadi Gula Fermentasi Menggunakan Konsorsium Termofilik Kompos. *Jurnal Sains dan Matematika*, 21(1), 7-14.
- Walsh, J., Hayden, R., & Larone, D. (2018). *Larone's Medically Important Fungi: A Guide to Identification, 6th Edition*. Washington: ASM Press.
- Waluyo, L. (2008). Teknik dan metode dasar dalam mikrobiologi. *Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang*.
- Watanabe, T. (2002). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species, Second Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- World Health Organization (WHO). (1996). *Permissible Limits Of Heavy Metals Insoil And Plants*. Geneva, Switzerland.
- Yang, Z., Zhang, X., Jiang, Z., Li, Q., Huang, P., Zheng, C., ... & Yang, W. (2021). Reductive materials for remediation of hexavalent chromium contaminated soil—A review. *Science of The Total Environment*, 773, 145654.
- Yap, C. K., Ismail ,, Tan, S. G and Umar, H. (2002). Concentration of Cu and Pb in the offshore and intertidal sediments of the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International*. 20: 267-479.
- Yogyaswari, S. A., Rukmi, M. I., dan Raharjo, B. (2016). Ekplorasi bakteri selulolitik dari cairan rumen sapi peranakan fries holland (Pfh) dan limousine peranakan ongole (limpo). *Jurnal Biologi*, 5(4):70-80.
- Zellatifanny, C. & Mudjiyanto, B. (2018). Tipe Penelitian Deskripsi Dalam Ilmu Komunikasi. *Diakom: Jurnal Media Dan Komunikasi*. 1(2): 83–90. <https://doi.org/10.17933/diakom.v1i2.20>