

**POTENSI ISOLAT BAKTERI *INDIGENOUS* LIMBAH
CAIR BATIK SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI
LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**

Program Studi Biologi



**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**Disusun oleh:
Devi Widiyanti**

16640055

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2020**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1869/Un.02/DST/PP.00.9/08/2020

Tugas Akhir dengan judul : Potensi Isolat Bakteri Indigenous Limbah Cair Batik sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Tembaga (Cu)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DEVI WIDIYANTI
Nomor Induk Mahasiswa : 16640055
Telah diujikan pada : Rabu, 15 Juli 2020
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.

SIGNED

Valid ID: 5f3364bdd9b93



Penguji I

Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si.

SIGNED

Valid ID: 5f3354040aee7



Penguji II

Siti Aisah, S.Si., M.Si.

SIGNED

Valid ID: 5f33542d28782

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Yogyakarta, 15 Juli 2020

UIN Sunan Kalijaga

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Murtono, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 5f33eb52d8b6b

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Devi Widiyanti
NIM : 16640055
Judul Skripsi : Potensi Isolat Bakteri *Indigenous* Limbah Cair Batik sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Tembaga (Cu)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 3 Juli 2020

Pembimbing

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M. Si.

NIP. 19750515 200003 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Devi Widiyanti

NIM : 16640055

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya skripsi saya ini adalah asli hasil karya atau penelitian penulis sendiri dan bukan plagiasi dari hasil karya orang lain kecuali pada bagian yang dirujuki sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya agar dapat diketahui oleh anggota dewan penguji.



Yogyakarta, 30 Juni 2020

Yang menyatakan,
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Devi Widiyanti
NIM. 16640055

PERSEMBAHAN

Karya ini ku persembahkan teruntuk Bapak dan Mama

Dan

Almamater tercinta Prodi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

**Lari ke mana pun kamu mau,
lari sejauh apa pun itu,
lari sekencang-kencangnya kamu mampu.**

Tapi,

masalahmu tidak akan pergi.

**Dia ada di sana,
di belakangmu.**

**Sampai kamu berani,
berbalik arah dan hadapi.**

(NKCTHI)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) ini dengan lancar. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW yang telah membawa petunjuk dan penerang bagi seluruh umat manusia.

Terselesainya skripsi dengan judul “**Potensi Isolat Bakteri *Indigenous* Limbah Cair Batik sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Tembaga (Cu)**” tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga dengan penuh ketulusan Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Erny Qurotul ‘Ainy, M.Si selaku Ketua Program Studi Biologi.
3. Ibu Dr. Arifah Khusnuryani, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikiran, membimbing Penulis dengan penuh kesabaran serta memberikan motivasi demi kebaikan Penulis.
4. Ibu Jumailatus Solihah, M. Biotech dan Ibu Siti Aisah, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun demi kebaikan Penulis.
5. Ibu Jumailatus Solihah, M. Biotech selaku Dosen Penasehat Akademik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Biologi yang selama ini telah mendidik Penulis dengan baik.

7. Pak Doni serta Mbak Ethik, laboran yang turut membantu kelancaran penelitian Penulis dengan segala pengertiannya serta kesabarannya.
8. Ibu dan Bapak yang tidak pernah berhenti memberikan doa dan semangat kepada Penulis untuk menyelesaikan studi S1 di Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
9. Ketiga adik, Pinky, Zidan dan Nizam, yang selalu menjadi semangat Penulis untuk terus menjadi lebih baik.
10. Sahabat yang tak henti-hentinya memberi semangat dan dukungan, Novi, Hanifah, Nura, Arinda, Ais dan Umi.
11. Teman-teman di kost “Coklat” tempat untuk saling berbagi canda, Mbak Maya, Mbak Illa, Teh Iis, dan Inung.
12. Teman-teman Program Studi Biologi angkatan 2016 yang senantiasa memberikan semangat serta motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan serta jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan berbagai kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi kebaikan tulisan ini kedepannya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan wawasan bagi para pembaca.

Yogyakarta, Agustus 2020

Penulis

POTENSI ISOLAT BAKTERI *INDIGENOUS* LIMBAH CAIR BATIK SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)

Devi Widiyanti

16640055

Abstrak

Tembaga (Cu) adalah logam berat yang jika jumlahnya berlebihan di lingkungan maka dapat menimbulkan masalah. Keberadaan bakteri *indigenus* pada lingkungan terkontaminasi Cu dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kadar Cu di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi isolat bakteri yang diisolasi dari limbah cair batik serta melakukan karakterisasi bakteri dari limbah cair batik yang berpotensi sebagai agen bioremediasi logam berat Cu. Tahapan penelitian terdiri dari proses pengambilan sampel limbah cair batik; isolasi bakteri dilakukan dengan metode *enrichment culture* pada media NB + CuSO₄ 100 ppm; uji resistensi isolat bakteri pada media NA yang mengandung CuSO₄ dengan konsentrasi 200, 300, 400, 500, 600, dan 700 ppm; uji penurunan kadar Cu oleh isolat bakteri serta karakterisasi isolat bakteri yang berpotensi sebagai agen bioremediasi logam Cu. Hasil penelitian diperoleh 10 isolat bakteri yang mampu tumbuh pada media NA yang mengandung CuSO₄ 100 ppm. Isolat selanjutnya diuji resistensinya dan diperoleh isolat yang resisten terhadap CuSO₄ 700 ppm yaitu isolat $\alpha 3$, $\alpha 5$, $\alpha 8$, dan $\alpha 9$. Isolat $\alpha 3$, $\alpha 5$, dan $\alpha 9$ mampu mereduksi Cu berturut-turut sebanyak 75,03%; 76,73%, dan 76,34%. Ketiga isolat tersebut menunjukkan karakter yang mirip dengan anggota Genus *Xanthomonas*. Isolat $\alpha 8$ mampu mereduksi Cu sebesar 77,05 % dan berhasil diidentifikasi sebagai isolat yang cirinya mirip dengan anggota Genus *Pseudomonas*.

Kata Kunci: bakteri *indigenus*, limbah cair batik, tembaga (Cu)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN BEBAS PLAGIARISM	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Limbah Cair Batik.....	8
B. Logam Berat Tembaga (Cu).....	11
C. Bioremediasi	15
D. Prinsip Reduksi Logam Berat Tembaga	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Alat dan Bahan.....	21
C. Tahapan Penelitian	22
1. Pengambilan Sampel.....	22
2. Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Sampel Limbah ...	22
3. Pembuatan Media.....	23
4. Isolasi dan Seleksi Bakteri Resisten Cu.....	24

5. Uji Resistensi Isolat Bakteri terhadap Cu	25
6. Uji Penurunan Kadar Cu oleh Bakteri	25
7. Pengukuran Efisiensi Penurunan Kadar Cu	26
8. Karakterisasi Isolat Bakteri	26
D. Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Kualitas Limbah Cair Batik	34
B. Isolasi Bakteri	36
C. Uji Resistensi Isolat Bakteri terhadap Cu	37
D. Uji Reduksi Kadar Cu oleh Bakteri	42
E. Karakterisasi Isolat Bakteri	45
BAB V PENUTUP	53
A. KESIMPULAN	53
B. SARAN	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku mutu limbah cair industri.....	11
Tabel 2. Pengukuran parameter fisik dan kimia.....	22
Tabel 3. Karakter morfologi koloni isolat bakteri.....	37
Tabel 4. Persentase penurunan kadar Cu oleh bakteri	42
Tabel 5. Pertumbuhan bakteri (nilai OD λ 600nm).....	43
Tabel 6. Morfologi koloni isolat bakteri	45
Tabel 7. Morfologi sel isolat bakteri.....	46
Tabel 8. Karakter fenotipik isolat bakteri	48
Tabel 9. <i>Profile matching</i> isolat bakteri.....	50



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hasil uji resistensi isolat bakteri.....	38
Gambar 2. Transport dan resistensi tembaga	41
Gambar 3. Grafik pertumbuhan bakteri (nilai OD λ 600nm).....	43
Gambar 4. Morfologi koloni isolat bakteri	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	60
Lampiran 2. Pengukuran kadar Cu (ppm).....	60
Lampiran 3. <i>Profile matching</i>	61



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri yang pesat di Indonesia memberikan keuntungan ekonomis bagi masyarakat. Industri batik merupakan salah satu industri yang memberikan pengaruh positif terhadap perekonomian nasional yang menjadi penyumbang devisa negara dari sektor non migas. Akan tetapi, dampak positif ini diikuti dampak negatif yang berpotensi mencemari lingkungan akibat limbah yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu (Valerie *et al.*, 2018). Proses pewarnaan kain batik menghasilkan limbah cair yang merupakan sisa pencelupan kain yang dapat memberikan kontribusi besar dalam pencemaran lingkungan. Kadar pencemaran limbah cair batik tergantung pada jenis pewarna yang digunakan serta jumlah produksi batik yang dihasilkan (Syuhadah *et al.*, 2015).

Sebagian besar industri batik di Indonesia menggunakan zat pewarna sintetis dalam proses pewarnaan dikarenakan harganya lebih terjangkau serta warna yang dihasilkan lebih tajam dibandingkan dengan pewarna alami. Zat warna sintetis merupakan senyawa aromatik kompleks yang pada umumnya sukar diurai. Dalam proses pewarnaan, zat warna hanya digunakan sekitar 5%, sementara sisanya akan dibuang sebagai limbah. Pewarna sintetis yang umum digunakan pada proses pembuatan batik adalah naphthol, indigisol, remazol dan procion dengan

karakteristiknya masing-masing yang berbeda-beda (Gratha, 2012). Pada umumnya pewarna sintetis mengandung logam berat seperti Cd, Cr, Pb, Co, Cu, Hg, Ni, Mg, Fe, Mn, dan Zn. Logam berat ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan ikatan antara zat warna dan kain (Indarsih, 2011).

Menurut Jahan & Datta (2015) menyatakan bahwa Tembaga Sulfat (CuSO_4) dan Alum merupakan zat mordan yang sengaja ditambahkan saat proses pencelupan warna pertama kali. Mordan adalah garam logam yang menghasilkan afinitas antara kain dan pewarna. Penggunaan mordan dan pewarna secara bersamaan menghasilkan ketahanan warna yang sangat baik dan dapat meningkatkan kecerahan warna.

Logam berat tembaga (Cu) merupakan elemen mikro yang sangat dibutuhkan oleh organisme, baik di darat maupun perairan, tetapi dalam jumlah yang sedikit. Keberadaan Cu di suatu perairan dapat berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut. Logam tersebut akan terserap oleh biota perairan secara berkelanjutan. Apabila keberadaan Cu dalam perairan selalu tersedia maka dapat menimbulkan biomagnifikasi pada rantai makanan dan pada akhirnya membahayakan kesehatan manusia (Cahyani *et al.*, 2012). Organisme yang berada pada rantai makanan paling tinggi memiliki kadar Cu yang lebih tinggi daripada organisme dibawahnya (Riani, 2010).

Pemerintah telah menentukan batas baku mutu lingkungan mengenai limbah cair kawasan industri. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 3 tahun 2010, nilai maksimal yang diijinkan

sebagai ukuran baku mutu air limbah bagi kawasan industri untuk Cd sebesar 0,1 mg/L; Cu 2 mg/L; Pb 1 mg/L; Ni 0,5 mg/L dan Zn 10 mg/L. Kadar logam berat Cd, Cu, Pb dan Fe yang tinggi dapat menimbulkan efek toksik bagi ekosistem akuatik maupun terestrial. Logam berat apabila terakumulasi di lahan basah dengan jumlah yang berlebih akan dapat mengubah lingkungan alami dan berpengaruh terhadap aktivitas manusia (Kabeer *et al.*, 2014).

Tembaga sangat toksik pada sebagian besar tanaman perairan. Penghambatan pertumbuhan tanaman pada umumnya terjadi pada konsentrasi Cu dibawah 1 mg/L (Irawati *et al.*, 2002). Tembaga juga bersifat toksik terhadap sebagian besar ikan dan invertebrata air tawar maupun laut dengan *lethal concentration 50* (LC₅₀) dibawah 0,5 mg/L (Irawati *et al.*, 2017). Akumulasi Cu dalam jaringan tubuh dapat mencapai syaraf perifer sehingga mengakibatkan kelumpuhan dan kadarnya yang tinggi dalam tubuh dapat mengakibatkan mutasi gen (Irawati *et al.*, 2002). Mengingat tingginya resiko cemaran logam berat Cu terhadap organisme, maka perlu diupayakan agar konsentrasinya di lingkungan tidak melampaui ambang batas baku mutu air limbah untuk logam berat Cu.

Secara umum, logam berat tidak mudah didegradasi dan membutuhkan bahan kimia dan proses fisika untuk mengurangi kadar logam sebelum dilakukan pembuangan ke badan-badan air (Shanab *et al.*, 2007). Pengolahan limbah secara fisika dan kimia dinilai kurang efektif karena biaya operasional yang tinggi serta menimbulkan banyak kerugian,

seperti dihasilkannya lumpur yang beracun dan sulit dibuang. Alternatif lain untuk pengolahan limbah hasil industri yaitu secara biologi dengan metode bioremediasi menggunakan mikroorganisme. Teknik bioremediasi menggunakan mikroorganisme dianggap teknologi yang inovatif, ekonomis, dan relatif aman terhadap lingkungan karena tidak menghasilkan racun atau *blooming* (Sidauruk & Sipayung, 2015).

Crawford & Don (1998) dalam Rohmah (2017) mengemukakan bahwa beberapa spesies bakteri yang memiliki kemampuan dalam mereduksi logam berat dapat diisolasi dari lingkungan tercemar maupun dari limbah hasil industri. Menurut Chojnacka (2010) bakteri yang diisolasi dari lingkungan yang tercemar logam berat sangat potensial digunakan sebagai agen bioremediasi, sebab bakteri mempunyai daya resistensi dan toleransi terhadap logam berat di sekitarnya.

Perhatian terhadap mikroorganisme *indigenus* khususnya bakteri telah meningkat beberapa tahun terakhir berkaitan dengan potensinya dalam bioremediasi lingkungan tercemar. Potensi bakteri *indigenus* dalam remediasi logam berat telah dibuktikan dalam berbagai penelitian khususnya pada limbah industri. Beberapa mikroorganisme yang sering dimanfaatkan dalam bioremediasi logam berat tembaga terdiri atas *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Chryseomonas* sp., *Burkholderia* sp., *Citrobacter* sp. dan *Kluyvera* sp. yang diisolasi dari limbah sekunder dari berbagai industri (Adel *et al.*, 2014). Saikia *et al.* (2015) berhasil mengisolasi 3 isolat bakteri resisten Cu dari tanah ladang minyak yang

dikumpulkan dari Moran, Distrik Dibrugarh, Assam. Ketiga isolat tersebut berhasil diidentifikasi sebagai *Klebsiella* sp., *Staphylococcus* sp., dan *Bacillus* sp.

Irawati *et al.* (2017) berhasil mengisolasi 8 isolat bakteri *indigenous* dari limbah industri di sungai Kemisan, Tangerang, Banten yang toleran terhadap logam berat. Isolat PbSI1 menunjukkan toleransi yang paling tinggi terhadap logam berat timbal, tembaga, dan seng dengan persentase biosorpsi berturut-turut 87,68%; 82,53% dan 87,69% pada konsentrasi logam berat 3 mM. Rani *et al.* (2010) juga berhasil mengisolasi bakteri *Bacillus* sp. dari sampel limbah industri elektroplating yang dapat mengakumulasi logam berat tembaga hingga 69,34%. Dianrevy (2017) berhasil mengisolasi bakteri *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Zoogloea* sp. dari limbah cair batik. Berdasarkan hasil penelitian, konsorsium bakteri tersebut diketahui mampu meremediasi limbah cair batik pewarna naphthol merah dan mampu menurunkan kadar Cu dalam limbah sebesar 74,63%.

Sejauh pengamatan penulis memang sudah ada bakteri yang mampu mereduksi Cu, akan tetapi masih diperlukan informasi bakteri *indigenous* dari limbah cair batik yang memiliki kemampuan mereduksi Cu, mengingat keberadaan industri batik di Indonesia yang cukup banyak. Berdasarkan hasil penelitian yang telah disebutkan mengenai kemampuan bakteri *indigenous* dalam remediasi logam berat, maka pada penelitian ini dilakukan uji kemampuan resistensi dan uji potensi isolat bakteri dari

limbah cair industri batik dalam menurunkan kadar logam berat tembaga (Cu) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen hayati dalam remediasi logam berat Cu dari berbagai sumber pencemar lingkungan. Penelitian ini diharapkan merupakan suatu langkah pengembangan dalam pemanfaatan bakteri kaitannya dalam penanggulangan masalah limbah lingkungan secara biologi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, rumusan masalah yang dapat diajukan pada penelitian ini adalah:

1. Apakah terdapat isolat bakteri dari limbah cair industri batik yang resisten logam berat Cu?
2. Berapa persentase penurunan kadar logam berat Cu setelah perlakuan bioremediasi menggunakan isolat bakteri dari limbah cair industri batik?
3. Bagaimana karakteristik morfologi dan biokimia isolat bakteri yang berpotensi sebagai agen bioremediasi logam berat Cu?

C. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh isolat bakteri dari limbah cair industri batik yang resisten logam berat Cu.
2. Mengetahui potensi isolat bakteri dari limbah cair industri batik dalam menurunkan kadar logam berat tembaga (Cu).

3. Mengetahui karakteristik morfologi dan biokimia isolat bakteri dari limbah cair industri batik yang berpotensi sebagai agen bioremediasi logam berat Cu.

D. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh isolat yang dapat digunakan sebagai materi dasar aplikasi bioremediasi logam berat Cu, sehingga dapat membantu memecahkan persoalan pencemaran lingkungan akibat limbah Cu dari berbagai sumber.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Diperoleh sepuluh isolat bakteri indigenous limbah cair batik yang resisten terhadap Cu 100 ppm. Empat isolat di antaranya, toleran pada media NA yang mengandung Cu 700 ppm yaitu $\alpha 3$, $\alpha 5$, $\alpha 8$, dan $\alpha 9$. Isolat $\alpha 3$, $\alpha 5$, dan $\alpha 9$ secara berturut-turut mampu mereduksi Cu sebesar 75,03%; 76,73%; dan 76,34%. Ketiga isolat tersebut berhasil diidentifikasi sebagai isolat yang cirinya mirip dengan anggota Genus *Xanthomonas*. Isolat $\alpha 8$ mampu mereduksi Cu sebesar 77,05 % dan berhasil diidentifikasi sebagai isolat yang cirinya mirip dengan anggota Genus *Pseudomonas*.

B. Saran

Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk memperoleh isolat bakteri sebagai agen bioremediasi logam tembaga (Cu) yang berasal dari limbah cair batik. Perlu dilakukan penelitian optimasi suhu, pH, nutrisi, waktu inkubasi dan faktor lingkungan lainnya agar dapat meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam mereduksi Cu. Selain itu perlu dilakukan identifikasi bakteri dari limbah cair batik secara molekuler untuk mengkonfirmasi hasil identifikasi dengan uji biokimia.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 6989.6:2009.
- Adel, A. S., Gheethi, A., Norli, I., Lalung, J., Megat, A. A., Nur, F. Z., & Kadir, M. O. (2014). Biosorption of Heavy Metals and Cephalexin from Secondary Effluents by Tolerant Bacteria. *Clean Technol Environ Pol*, 16(1), 137-148.
- Ahmad, R. Z. (2018). Mikoremediasi Menghilangkan Polusi Logam Berat pada Lahan Bekas Tambang untuk Lahan Peternakan. *WARTAZOA*, 28(1), 041-050.
- Anggara, B., Yuliani dan Lisdiana, L. (2014). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dari Akar Tanaman Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*). *LenteraBio*, 3(3), 160-167.
- Anggraeni, M. (2017). *Satu Bingkai Kearifan Lokal Purworejo (Batik Adi Purwo)*. Yogyakarta: Diandra Creative Self publishing dan Percetakan.
- Anggriany, P. S., Jati, A. W., & Murwanti, L. I. (2018). Pemanfaatan Bakteri Indigenous dalam Reduksi Logam Berat Cu pada Limbah Cair Proses Etching Printed Circuit Board (PCB). *Biota*, 3(2), 87-95.
- Astuti, S. N. (2019). Potensi Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Tembaga (Cu) dari Limbah Cair Batik berdasarkan Analisis Ekspresi Gen Phytochelatin Synthase. [Skripsi]. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Fakultas Sains dan Teknologi.
- Boone, D. R., Garrity, G. M., Castenholz, R. W., Brenner, D. J., Krieg, N. R., & Staley, J. T. (2010). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Second Edition. Volume Two: The Proteobacteria: Part C: The Alpha-, Beta-, Delta-, and Epsilonproteobacteria*. USA: Springer.
- Buchanan, R. E., & Gibbons, N. E. (2003). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. USA: The William & Wilkins Company Baltimore.

- Cahyani, M. D., Azizah, R., & Yulianto, B. (2012). Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, an Kerang Darah (Anadara granosa) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 1(2), 73-79.
- Chibuike, G. U., & Obiora, S. C. (2014). Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. *Appl Environ Soil Sci*, 1-12.
- Chojnacka, K. (2010). Biosorption dan Bioaccumulation, the Prospect of Partial Application. *Environment International*, 36, 299-307.
- Cooksey, D. A. (1994). Molecular Mechanisms of Copper Resistance and Accumulation in Bacteria. *FEMS Microbiology Review*, 14(1994), 381-386.
- Cornu, J. Y., Huguenot, D., Jezequel, K., Lollier, M., & Lebeau, T. (2017). Bioremediation of Copper-Contaminated Soils by Bacteria. *World J Microbiol Biotechnol*, 33(26), 1-9.
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI-Press.
- Dianrevy, A. (2017). Penerapan Bakteri Indigenus untuk Remediasi Limbah Cair Batik Pewarna Naphthol Merah dan Menurunkan Logam Cu (Tembaga). [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Fakultas Teknobiologi.
- Fardiaz, S. (1993). *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: PT Prasinado Persada.
- Fretes, C. E., Sutiknowati, L. I., & Falahudin, D. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Logam Berat dari Sedimen Mangrove di Pegudang dan Tanjung Uban, Pulau Bintan, Indonesia. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 4(2), 71-77.
- Gratha, B. (2012). *Panduan Mudah Belajar Mematik*. Jakarta: DeMedia.
- Gupta, S. D., Lee, B. T., Camakaris, J., & Wu, H. C. (1995). Identification of *cutC* and *cutF* (*nlpE*) Genes Involved in Copper Tolerance in *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*, 177(15), 4207-4215.
- Habashi, F. (2009). Gmelin and his Handbuch. *Bulletin for the History of Chemistry*, 34(1).
- Hansda, A., & Kumar, V. (2015). Biosorption of Copper by Bacterial Adsorbent: A Review. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 9(2), 45-58.

- Hassan, M., Alam, M., & Anwar, M. (2013). Biodegradation of Textile Azo Dyes by Bacteria Isolated from Dyeing Industry Effluent. *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(8), 27-31.
- Hidayat, N. (2016). *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Indarsih, W. (2011). Kajian Kualitas Sungai Bedog Akibat Pembuangan Limbah Industri Batik. Tesis. Ilmu Lingkungan Hidup. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- 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., Parhusip, A. J., Christian, S., & Yuwono, T. (2017). The Potential Capability of Bacteria and Yeast Strains Isolated from Rungkut Industrial Sewage in Indonesia as a Bioaccumulators and Biosorbents of Copper. *Biodiversitas*, 18(3), 971-977.
- Irawati, W., Riak, S., Sopiah, N., & Sulistia, S. (2017). Heavy Metal Tolerance in Indigenous Bacteria Isolated from the Industrial Sewage in Kemisan River, Tangerang, Banten, Indonesia. *Biodiversitas*, 18(4), 1481-1486.
- Irawati, W., Yuwono, T., & Rusli, A. (2016). Detection of Plasmid and Curing Analysis in Copper Resistant Bacteria *Acinetobacter* sp. IrC1, *Acinetobacter* IrC2, and *Cupriavidus* sp. IrC4. *Biodiversitas*, 17(1), 296-300.
- Irawati, W., Yuwono, T., Hartiko, H., & Soedarsono, J. (2002). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Resisten Tembaga dari Limbah Industri. *Jurnal Biologi*, 2(13), 784-791.
- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat secara Fitoremediasi. (pp. 75-84). Aceh: Universitas Serambi Mekkah.
- Jahan, N., & Datta, E. (2015). A Comparative Study on Dyeing of Cotton and Silk Fabric using Madder as a Natural Dye. *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering*, 2(2), 5-11.
- Kabeer, R., Varghese, R., Kannan, V. M., Thomas, J. R., & Poulouse, S. V. (2014). Rhizosphere Bacterial Diversity and Heavy Metal Accumulation in

- Nymphaea pubescens* in Aid of Phytoremediation Potential. *J. BioSci. Biotech*, 3(1), 89-95.
- Kurniawan, A., & Ekowati, N. (2016). Review: Potensi Mikoremediasi Logam Berat. *Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 3(1), 36-45.
- Laksono, S. (2012). *Pengolahan Biogas Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Depok: Universitas Indonesia.
- Lee, S. H., Kim, J. G., & Koo, J. Y. (2010). Investigation of Pitting Corrosion of a Copper Tube in Heating System. *Engineering Failure Analysis*, 17(2010), 1424-1435.
- Lestari, S. D. (2012). *Mengenal Aneka Batik*. Jakarta: PT Balai Pustaka.
- Lewaru, S., Riyantini, I., & Mulyani, Y. (2012). Identifikasi Bakteri Indigenous Pereduksi Logam Berat Cr (IV) dengan Metode Molekuler di Sungai Cikijing Rancaekek, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 81-92.
- Mokhtar, H., Morad, N., & Fizri, F. F. (2011). Phytoaccumulation of Copper from Aqueous Solutions Using *Eichornia crassipes* and *Centella asiatica*. *Intl J Environ Sci Dev*, 2(3), 205-210.
- Muljadi. (2009). Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD dan Logam Berat Krom (Cr) (Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo). *EKUILIBRIUM*, 8(1), 7-16.
- Murniati, T., Inayati, & Budiastuti, S. (2015). Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Elektrolisis sebagai Upaya Penurunan Tingkat Konsentrasi Logam Berat Di sungai Jenes, Laweyan, Surakarta. *Jurnal EKOSAINS*, 7(1), 77-83.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prakash, D., Gabani, P., Chandel, A. K., Ronen, Z., & Singh, O. V. (2013). Bioremediation a Genuine Technology to Remediate Radionuclides from the Environment. *Microbial Biotechnol*, 6, 349-360.
- Rani, M. J., Hemambika, B., & Hemapriya, J. (2010). Comparative Assessment of Heavy Metal Removal by Immobilized and Dead Bacterial Cells: A Biosorption Approach. *Afr J Environ Sci Technol*, 4(2), 077-083.

- Ratnawati, E., Ermawati, R., & Naimah, S. (2010). Teknologi Biosorpsi oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 32(1), 034-040.
- Riani, E. (2010). Kontaminasi Merkuri (Hg) dalam Organ Tubuh Ikan Petek (*Leiognathus equulus*) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11 (2), 313-322.
- Rohmah, N. S. (2017). Isolasi dan Identifikasi Bakteri yang Berpotensi sebagai Agen Bioremediasi Timbal (Pb) dari Lumpur Lapindo. [Skripsi]. Malang: UIN Malang.
- Rukmi, I., Suprihadi, A., Lunggani, A. T., & Rahardjo, B. (2018). Eksplorasi Mikroorganisme Termofil Indigenus dari sumber Air Panas Gedongsongo sebagai Penghasil Enzim Termostabil. *Berkala Bioteknologi*, 1(1), 1-8.
- Saikia, P., Das, S., Shah, R. K., & Islam, S. (2015). Isolation and Identification of Heavy Metal (Lead, Zinc and Copper) Resistant Bacteria from Oil Field Soil Collected from Moran, Dibrugarh District, Assam. *International Journal of Advance Biological Research*, 5(2), 150-154.
- Sasongko, D. P. & Tresna, W. P. 2010. Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat pada Limbah Pewarna Batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH*, 27, 022-027.
- Sembel, D. T. (2015). *Toksikologi Lingkungan: Dampak Pencemaran dari Berbagai Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- Shanab, R. A., Angle, J. S., & Berkum, P. V. (2007). Chromate-Tolerant Bacteria for Enhanced Metal Uptake by *Eichhornia crassipes* (Mart.). *International Journal of Phytoremediation*, 9, 91-105.
- Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik* 2, 2, 178-186.
- Sihono, D. (2014). *Toksisitas Tembaga (Cu) terhadap Hematologi, Bioakumulasi, Sintasan dan Pertumbuhan Juvenil Ikan Patin (Pangasius sp.)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Silver, S. (1996). Bacterial Resistances to Toxic Metal Ions- A Review. *Gene*, 179(1996), 9-19.

- Silver, S., & Phung, L. T. (1996). Bacterial heavy Metal Resistance: New Surprises. *Annu Rev Microbiol*, 50, 753-789.
- Siska, 2009. Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solms), Perairan dan Sedimen berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan. Lab Ekologi dan Biosistematik, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA. Universitas Diponegoro: J 1-2.
- Soemirat, J. (2005). *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soloz, M., Odermatt, A., & Krapf, R. (1994). Copper Pumping ATPases: Common Concepts in Bacteria and Man. *FEBS Lett*, 346, 44-47.
- Suprihatin, H. (2014). Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya. *Jurnal Pusat Penelitian Lingkungan Hidup*, 130-138.
- Syuhadah, N., Muslim, M. Z., & Rohasliney, H. (2015). Determination of Heavy Metal Contamination from Batik Factory Effluents to the Surrounding Area. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences*, 3(1), 7-9.
- Valerie, Wijaya, J. C., & Pinontoan, R. (2018). Kajian Pustaka: Pemanfaatan Mikroba yang Berpotensi sebagai Agen Bioremediasi Limbah Pewarna Tekstil. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), 33-47.
- Waluyo, L. (2018). *Bioremediasi Limbah*. Malang: UMM Press.
- Wardani, R. W., Ellyke, & Ningrum, P. T. (2014). Kandungan Krom pada Limbah Cair Batik dan Air Sumur di Sekitar Industri Batik UD Bintang Timur (Studi Kasus di Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*.
- Widowati, W. (2006). *Efek Toksik Logam , Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.