

**POTENSI KIAMBANG (*Salvinia molesta*) SEBAGAI
AGEN FITOREMEDIASI LOGAM BERAT TEMBAGA
(Cu) DARI LIMBAH CAIR BATIK BERDASARKAN
ANALISIS EKSPRESI GEN *PHYTOCHELATIN*
*SYNTHASE***

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 pada
Program Studi Biologi



disusun oleh
Sutan Nur Chamida Tri Astuti
14640020

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

2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sutan Nur Chamida Tri Astuti

NIM : 14640020

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, 12 Oktober 2018

Yang menyatakan,



Sutan Nur Chamida Tri Astuti

NIM. 14640020



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 : Sutan Nur Chamida Tri Astuti

NIM : 14640020

Judul Skripsi : Potensi Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Tembaga (Cu) dari Limbah Cair Batik berdasarkan Analisis Ekspresi Gen *Phytochelatin Synthase*

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 12 Oktober 2018

Pembimbing

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

NIP. 19760624 200501 2 007



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 : Sutan Nur Chamida Tri Astuti

NIM : 14640020

Judul Skripsi : Potensi Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Tembaga (Cu) dari Limbah Cair Batik berdasarkan Analisis Ekspresi Gen *Phytochelatin Synthase*

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.

Yogyakarta, 12 Oktober 2018

Pembimbing

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

NIP. 19740611 200801 2 009



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : B-2346/UIN.02/D.ST/PP.01.1/11/2018

Skrripsi/Tugas Akhir dengan judul : Potensi Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai Agen Fitoremediasi Logan Berat Tembaga (Cu) dari Limbah Cair Batik berdasarkan Analisis Ekspresi Gen *Phytochelatine Synthase*

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Sutan Nur Chamida Tri Astuti
NIM : 14640020
Telah dimunaqasyahkan pada : 22 Oktober 2018
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Jumailatus Solihah, S.Si., M.Biotech
NIP.19760624 200501 2 007

Penguji I

Siti Aisah, M.Si.
NIP.19740611 200801 2 009

Penguji II

Muhamad Wisnu, M.Biotech
NIP. 19810923 000000 1 301

Yogyakarta, 2 November 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi



Dr. Murtono, M.Si
NIP.19691212 200003 1 001

PERSEMBAHAN

Skripsi ini Peneliti Persembahkan Untuk:

Almamater Tercinta

Program Studi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Yogyakarta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Everything in the world is not impossible”



Potensi Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Tembaga (Cu) dari Limbah Cair Batik berdasarkan Analisis Ekspresi Gen *Phytochelatin Synthase*

**Sutan Nur Chamida Tri Astuti
14640020**

ABSTRAK

Industri batik semakin pesat diikuti dampak negatif yaitu pencemaran lingkungan akibat limbah batik yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Zat pencemar tertinggi berasal dari proses pewarnaan, naphtol mengandung Cu. Logam berat tembaga (Cu) merupakan elemen mikro yang dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah yang sedikit, sehingga apabila keberadaannya dalam perairan selalu tersedia dalam kadar tinggi maka dapat menimbulkan bahaya. Kiambang (*Salvinia molesta*) merupakan salah satu tanaman yang berpotensi menjadi fitoremediator logam berat. *Phytochelatin synthase* diaktifkan oleh ion logam berat Cu. Jika gen *PCS* mengalami overekspresi pada akar dan daun maka *PCS* diduga berperan pada saat pengikatan logam hingga ke vakuola tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mencari konsentrasi kadar limbah yang paling baik dalam menyerap logam berat Cu, mengetahui besar penurunan kadar logam berat Cu setelah perlakuan fitoremediasi, mengetahui kualitas air setelah perlakuan fitoremediasi, dan mengetahui ekspresi gen *PCS* di bagian akar dan daun kiambang (*Salvinia molesta*). Fitoremediasi dilakukan menggunakan metode statis dengan perlakuan variasi konsentrasi 2,5%, 2%, 1,7%, 1,4%, 1,25%, dan 0%. Ekspresi gen dilakukan dengan cara isolasi RNA dari daun dan akar kiambang, sintesis cDNA, desain primer dan PCR, serta elektroforesis. Analisis data penurunan kadar logam Cu dan perubahan parameter kualitas air (pH, suhu, dan DO) terhadap tanaman *Salvia molesta* dianalisis dengan *one way ANOVA* dengan tingkat kepercayaan 95%. Analisis ekspresi gen *PCS* dalam akar dan daun tanaman *Salvinia molesta* dalam menurunkan kadar logam berat Cu dilakukan secara deskriptif kualitatif. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa konsentrasi kadar limbah yang paling banyak dalam menyerap logam berat Cu yaitu pada konsentrasi 1,25%. Besar penurunan kadar logam berat Cu setelah perlakuan fitoremediasi paling banyak sebesar 41,48% dengan konsentrasi limbah 1,25%. Kualitas air setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) pada semua konsentrasi mengalami peningkatan dengan naiknya kadar DO, dan adanya ekspresi gen *PCS* di bagian daun dan akar kiambang (*Salvinia molesta*) yang membuktikan bahwa gen *PCS* memang berperan pada saat pengikatan logam berat (Cu) hingga ke vakuola tanaman.

Kata kunci : Limbah cair batik, logam berat Cu, *Salvinia molesta*, *phytochelatin synthase*.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَلْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ وَبِهِ نَسْتَعِينُ عَلَى أُمُورِ الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ. أَشْهَدُ أَنْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ وَأَشْهَدُ أَنَّ مُحَمَّدًا رَسُولُ اللَّهِ. اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ عَلَى مُحَمَّدٍ وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ. آمِينَ

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah SWT. yang telah memberikan taufik, hidayah, dan rahmat-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. juga keluarganya serta orang-orang yang meniti jalannya.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang peneliti hadapi. Dalam mengatasinya, peneliti tidak mungkin dapat melakukannya sendiri tanpa bantuan orang lain. Atas bantuan yang telah diberikan selama penelitian maupun dalam penulisan skripsi ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Murtono, M. Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta beserta staf-stafnya, yang telah membantu peneliti dalam menjalani studi program Sarjana Strata Satu Biologi.
2. Ibu Erny Qurotul Ainy, S.Si., M.Si. selaku ketua program studi Biologi sekaligus penasehat akademik yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, memberikan nasehat, serta memberikan masukan yang tidak ternilai harganya kepada peneliti.
3. Ibu Jumailatus Solihah, S.Si., M.Biotech. dan Ibu Siti Aisah, S.Si., M.Si. selaku pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, mencurahkan pikiran, mengarahkan, memberikan motivasi, serta memberikan petunjuk dalam penulisan skripsi ini dengan penuh keikhlasan.
4. Kepada kedua orang tuaku tercinta, Bapak Parija (Alm) dan Ibu Nanik Subandriyani, S.Pd.I., M.S.I. yang selalu mencurahkan perhatian, doa, kasih sayang, mencintai, menyayangi, membimbing, memotivasi, dan mendoakan putri-putrinya dengan tulus ikhlas. Semoga ayah mendapatkan tempat yang indah disisi Allah SWT.
5. Kepada kakak pertamaku yang saya hormati Sutan Nur Meyliana Ekawati dan suaminya Handoko Susila serta jagoan-jagoannya Nabil Abimanyu Alifiandra dan Hanindhya Sekar Kinanti. Kakak kedua, Sutan Nur Istna Rachmawati dan suaminya M. Maskur yang selalu mencurahkan perhatian, doa, motivasi dan kasih sayang dengan penuh ketulusan.
6. Sahabat-sahabatku tersayang Miftakhurrokhmah, Arin Nafisaturrahmah, Erma Faradella Hakim, Riana Sari, Fikky Dhia Puspasari, Atika Rachmawati,

Diah Wulandari, yang selalu ada dan selalu menyemangati. Terima kasih untuk warna yang telah kalian goreskan dalam hari-hariku.

7. Teman-teman Bangga Shepta Preskayana, Reza Permatasari Rachman, Imroatus Solikah, dan mas Khoirul Anam yang membantu saya selama penelitian tanpa kalian mungkin penelitian ini tidak akan selesai.
8. Teman-teman seperjuanganku di Biologi angkatan 2014 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah mengisi hari-hari dengan belajar yang menyenangkan serta telah memberi motivasi dan semangat dalam menuntut ilmu.

Pada akhirnya peneliti menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dalam kesempurnaan. Oleh karenanya peneliti mengharapkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi peneliti khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan dengan tulus ikhlas mendapatkan balasan dari Allah SWT. Amin.

Yogyakarta, 14 September 2018

Peneliti,

Sutan Nur Chamida T. A.

NIM. 14640020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN SURAT PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Batik dan Zat Pewarna	8
B. Pencemaran Limbah Industri Batik	11
C. Logam Berat Tembaga (Cu)	13
D. Fitoremediasi.....	16
E. Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>).....	18
F. <i>Phytochelatin synthase</i>	20
G. Analisis Ekspresi Gen	21
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Alat dan Bahan	24
C. Tahapan Penelitian	25

1. Persiapan Tanaman	25
2. Uji Pendahuluan	25
3. Uji Sebenarnya	26
4. Analisis Kadar Cu dalam Air	26
5. Analisis Ekspresi Gen <i>PCS</i>	27
a. Isolasi RNA Total	27
b. Sintesis cDNA	28
c. Desain Primer dan PCR	29
d. Elektroforesis	30
6. Pengukuran Kualitas Air	31
D. Analisis Data	31
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Karakterisasi Awal Limbah Cair Batik	32
B. Aklimatisasi	35
C. Uji Pendahuluan	36
D. Penurunan Kadar Logam Berat Tembaga	39
E. Pengukuran Parameter Kualitas Air	41
F. Isolasi RNA Total dan Sintesis cDNA	46
G. Desain Primer dan Ekspresi Gen <i>Phytochelatin Synthase</i>	47
BAB V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	52
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakterisasi Awal Limbah Cair Batik Sebelum Perlakuan	32
Tabel 2 Baku mutu air limbah untuk kegiatan industri batik	34
Tabel 3 Baku mutu air limbah untuk kegiatan industri pelapisan tembaga	35
Tabel 4 Konsentrasi Cu pada sebelum dan sesudah fitoremediasi	39
Tabel 5 Penurunan Kadar Cu pada air	40
Tabel 6 Hasil pengukuran parameter pH, suhu, dan DO pada air	42
Tabel 7 Hasil uji lanjut DMRT terhadap penurunan kadar logam Cu	45
Tabel 8 Hasil pengukuran spektrofotometer isolat RNA total	46
Tabel 9 Primer hasil desain primer gen <i>PCS</i>	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Salvinia molesta</i> (Kiambang)	18
Gambar 2 Jalur Biosintesis <i>Phytochelatin</i>	20
Gambar 3 Foto uji pendahuluan hari keenam	38
Gambar 4 Grafik hubungan nilai DO dengan waktu	44
Gambar 5 Hasil Elektroforesis Daun dan Akar Kiambang	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Dokumentasi Kegiatan	59
Lampiran II. Data Parameter Lingkungan	61
Lampiran III. Hasil Desain <i>Forward Primer</i>	62
Lampiran IV. Hasil Desain <i>Reverse Primer</i>	63
Lampiran V. Hasil Spektro Isolasi RNA Total	64
Lampiran VI. Data Perhitungan Panjang Pita DNA	65



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Batik adalah salah satu warisan budaya asli Indonesia yang perlu dilestarikan keberadaannya. Upaya pelestarian batik dapat dilakukan dengan peningkatan produksi pada pusat-pusat produsen batik nasional, salah satunya sentra industri batik. Menurut Suhendra (2013) permintaan terhadap batik semakin meningkat sejak dikukuhkan oleh UNESCO tahun 2009 yang membuat reputasi batik semakin dikenal dan membuat omset pengusaha batik naik hingga 50%.

Industri batik semakin banyak dan telah berkembang demi memenuhi kebutuhan pasar yang meningkat, tidak hanya di ranah Yogyakarta namun sekarang telah menyebar dan berkembang di berbagai daerah di Indonesia. Hal ini tentunya berdampak positif bagi masyarakat namun diikuti dampak negatif, yaitu pencemaran lingkungan akibat limbah batik yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Zat pencemar dalam limbah cair batik berasal dari berbagai proses, sejak dari proses persiapan, pewarnaan, sampai dengan penyempurnaan. Proses pewarnaan memberikan beban pencemar tertinggi, kadarnya tergantung dari jenis zat warna yang digunakan dan jumlah produk batik yang dihasilkan (Sulaeman *et.al.*, 2001). Zat warna merupakan senyawa aromatik kompleks yang pada umumnya sukar diurai. Zat warna reaktif

mengandung Cd, Cu dan Pb. Naphtol mengandung Zn dan biasanya mengandung logam-logam berat seperti: Cr atau Cu, misalnya pada jenis pewarna ergan sofa (Eskani *et.al.*, 2005).

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alami, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang baik atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (UUPPLH, 1982). Menurut Peraturan daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 konsentrasi kandungan logam berat tembaga (Cu) paling banyak di perairan adalah 0.5 mg/L.

Nasib logam berat di perairan dipengaruhi oleh adanya proses adsorpsi ataupun desorpsi yang dalam hal ini tergantung dari bahan organik maupun anorganik (Bilinski *et.al.*, 1991). Selanjutnya menurut Darmono (1995) faktor anorganik yang berpengaruh yaitu keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral, liat, dan kadar unsur lain. pH adalah faktor penting yang menentukan transformasi logam. Penurunan pH secara umum meningkatkan kelarutan logam berat kecuali Mo dan Se.

Logam berat tembaga (Cu) merupakan elemen mikro yang sangat dibutuhkan oleh organisme, baik darat maupun perairan, namun dalam jumlah yang sedikit. Keberadaan Cu di suatu perairan dapat berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut. Logam ini akan

terserap oleh biota perairan secara berkelanjutan apabila keberadaannya dalam perairan selalu tersedia, sehingga dapat menimbulkan biomagnifikasi dan pada akhirnya membahayakan kesehatan manusia. Bahaya tersebut dapat diminimalisir jika para pengrajin batik mau mengolah limbah batik yang dihasilkan sebelum dibuang ke perairan. Akan tetapi, kebanyakan pengrajin batik membuang limbah tersebut langsung ke selokan yang mengalir ke sungai. Hanya sedikit pengrajin yang memiliki IPAL individu, menampung serta mengontakkan limbah tersebut dengan adsorben zeolit sebelum dibuang ke perairan.

Tanaman memiliki kemampuan alami untuk menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi karena beberapa logam berat merupakan unsur yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Beberapa jenis tanaman memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator. Menurut Oomen *et.al.*, (2009) tanaman hiperakumulator mampu mengakumulasi konsentrasi logam berat hingga 10-100 kali lipat dari tanaman non hiperakumulator, tanpa menunjukkan gejala toksisitas yang nyata. Dengan demikian, aktivitas penyerapan logam oleh tanaman dapat dimanfaatkan untuk mengatasi pencemaran akibat logam berat.

Kiambang (*Salvinia molesta*) merupakan salah satu tanaman yang berpotensi menjadi fitoremediator logam berat dalam pengolahan limbah dan air buangan. Dengan memanfaatkan sifat pertumbuhannya yang cepat serta bentuk akar yang panjang, berbulu halus, dan terbenam ke dalam air,

diharapkan tanaman tersebut dapat dimanfaatkan untuk penyerapan logam berat di perairan. Menurut Widiarso (2011) pemilihan *Salvinia molesta* sebagai tanaman fitoremediator didasarkan pada pertimbangan bahwa *Salvinia molesta* mampu tumbuh pada perairan dengan kadar nutrisi yang rendah. Selain itu, secara morfologi *Salvinia molesta* memiliki diameter daun yang relatif kecil (rata-rata 2-4 cm) tetapi memiliki perakaran yang lebat dan panjang. Berdasarkan hal tersebut, diharapkan *Salvinia molesta* dapat secara aktif menyerap polutan, namun tidak menghalangi penetrasi cahaya ke dalam perairan. Dari sini *Salvinia molesta* diduga dapat dikembangkan sebagai adsorben logam berat tembaga (Cu) yang terdapat dalam limbah cair batik.

Mekanisme tanaman dalam detoksifikasi logam berat secara umum adalah dengan cara ekstraseluler dan intraseluler (MacNair, 1997). Mekanisme eksternal yang meliputi eksudasi khelator untuk mengikat logam, eksudasi zat yang mengubah pH rhizosfer, dan melakukan pertukaran ion pada membran sel untuk mengikat ion logam. Mekanisme intraseluler meliputi perubahan membran sel atau protein struktural lainnya untuk mengurangi serangan logam, perubahan enzim sensitif untuk mencegah penghambatan logam, perubahan *influx/ efflux* ion logam untuk mengurangi konsentrasi logam dalam sel, produksi zat yang mengikat logam dalam sel dan membuatnya tidak beracun, dan pengangkutan logam ke vakuola dimana detoksifikasi terjadi. Detoksifikasi pada tingkat sel melibatkan kompartementalisasi subseluler logam ke dalam vakuola oleh

transporter yang mengangkut logam dalam sitosol oleh ligan afinitas tinggi (termasuk ligan potensial adalah asam amino dan asam organik, dan dua kelas peptida, *phytochelatin* dan *metallothionein*), atau terikat dengan dinding sel.

Phytochelatin synthase diaktifkan oleh ion logam berat lainnya seperti Cd^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Hg^{2+} , dan Pb^{2+} . Gen yang berperan dalam sintesis *phytochelatin* baru-baru ini telah diidentifikasi pada *Arabidopsis*. Karena logam yang tidak bergerak lebih tidak beracun daripada ion-ion bebas, sehingga pengikatan logam oleh *phytochelatin* dianggap sebagai bagian dari mekanisme detoksifikasi tanaman yang lebih tinggi. Setelah mengalami kompleksitas, kompleks *phytochelatin-metal* diangkut ke vakuola, kompartemen penyimpanan akhir di mana mereka berada karena pH vakuola asam sehingga tetap stabil dan tidak terjadi re-oksidasi (Chandra & Shivastava, 2003).

Mekanisme pengikatan logam oleh gen *phytochelatin synthase* ke vakuola belum diketahui dengan jelas. Jika gen *PCS* mengalami overekspresi pada akar atau daun maka *PCS* diduga berperan pada saat pengikatan logam hingga ke vakuola tanaman. Berdasarkan latar belakang masalah di atas dan studi di lapangan, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui penggunaan Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai penurunan kadar logam berat tembaga (Cu) dalam limbah cair batik dengan analisis ekspresi gen *PCS* pada bagian akar dan daun *Salvinia molesta*.

B. Rumusan Masalah

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

1. Pada konsentrasi kadar limbah berapa kiambang (*Salvinia molesta*) dapat menyerap logam berat tembaga (Cu) yang paling optimal?
2. Berapa besar penurunan kadar logam berat tembaga (Cu) setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*)?
3. Bagaimana kualitas air setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menurunkan logam berat tembaga (Cu)?
4. Bagaimana ekspresi gen *PCS* dibagian akar dan daun kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menurunkan jumlah kadar logam berat tembaga (Cu)?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mencari konsentrasi kadar limbah yang paling baik dalam penyerapan logam berat tembaga (Cu) dengan menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*).
2. Mengetahui besar penurunan kadar logam berat tembaga (Cu) setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*).

3. Mengetahui kualitas air setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menurunkan logam berat tembaga (Cu).
4. Mengetahui ekspresi gen *PCS* dibagian akar dan daun kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menurunkan jumlah kadar logam berat tembaga (Cu).

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kadar logam berat tembaga (Cu) pada limbah cair batik dengan teknik fitoremediasi yang ramah lingkungan dan berbiaya murah, sehingga diharapkan penelitian ini dapat membantu memecahkan persoalan pencemaran lingkungan akibat limbah cair batik.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data yang diperoleh dari penelitian tentang potensi kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai agen fitoremediasi logam berat Tembaga (Cu) dari limbah cair batik berdasarkan analisis ekspresi gen *phytochelatin synthase* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi kadar limbah yang paling baik dalam menyerap logam berat tembaga (Cu) dengan menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) yaitu pada konsentrasi 2%.
2. Besar penurunan kadar logam berat tembaga (Cu) setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) paling banyak sebesar 41,48% dengan konsentrasi limbah 1,25%.
3. Kualitas air setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) pada semua konsentrasi adalah mengalami peningkatan dengan naiknya kadar DO.
4. Adanya ekspresi gen PCS di bagian daun dan akar kiambang (*Salvinia molesta*) membuktikan bahwa gen *PCS* memang berperan pada saat pengikatan logam berat (Cu) hingga ke vakuola tanaman.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat disampaikan oleh peneliti adalah adanya peneliti yang akan melanjutkan hingga tahap *sequencing* karena informasi di *gen bank* terkait *Salvinia molesta* masih terbatas.



DAFTAR PUSTAKA

- Araoye, P.A. 2009. The Seasonal Variation of pH and Dissolved Oxygen (DO₂) Concentration in Asa Lake Ilorin, Nigeria. *International Journal of Physical Science*. Vol: 4(5). Hlm. 271-274.
- Bilinski, H.S., Kozar, M., Plavsic., Kwokal, Z., & Branica, M. 1991. Trace Metal Adsorption on inorganic Solid Phases Under Estuarine Conditions. *Marine Chemistry*. Vol: 32. Hlm. 225-233.
- Budiyanto, S., Anies., Purnaweni, H., & Sunoko, H.R. 2017. Environmental Analysis of the Impacts of Batik Waste Water Polution on the Quality of Dug Well Water in the Batik Industrial Center of Jenggot Pekalongan City. *ICENIS 2017: The 2nd International Conference on Energy, Environment and Information System*. Hlm. 1-7.
- Chandra & Shivastava. 2003. *Pteridology in The New Millennium*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chang, W.Y.B., & Ouyang, H. 1988. *Dynamics of Dissolved Oxygen and Vertical Circulation in Fish Ponds*. Netherlands: Aquaculture Elsevier Science Publisher.
- Claverie, J.M., & Notredame, C. 2007. *Bioinformatics for Dummies 2nd edition*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Cobbett, C.S. 2000. Phytochelatins and Their Roles in Heavy Metal Detoxification. *Plant Physiology*. Vol: 123. Hlm. 825–832.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Biologi Mahluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Department of Agriculture and Fisheries. 2016. *Salvinia: Salvinia molesta. Biosecurity Queensland*. The State of Queensland: Department of Agriculture and Fisheries.
- Eskani., Istihanah, N., Sulaiman., dan Ivone, D.C. 2005. Efektivitas Pengolahan Air Limbah Batik Dengan Cara Kimia dan Biologi. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Balai Besar Kerajinan Dan Batik, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian.
- Farrell, R.E. 2005. *RNA methodologies: A laboratory guide for isolation and characterization 3rd ed*. Burlington: Elsevier Academic Press.

- Grill, E., Löffler, S., Winnacker, E.L., & Zenk M.H. 1989. *Phytochelatins, the Heavy-Metal-Binding Peptides of Plants, are Synthesized From Glutathione by a Specific G-Glutamylcysteine Dipeptidyl Transpeptidase (Phytochelatase)*. USA: Proc Natl Acad Sci.
- Habashi, F. 2009. Gmelin and his Handbuch. *Bulletin for the History of Chemistry*. Vol: 34(1).
- Irhamni., Setiaty, P., Edison, P., & Wirsal, H. 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*. Vol: 1. Hlm. 75-84.
- 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*. Vol: 2(2). Hlm. 5-11.
- Kunarso, D.H., & Ruyitno. 1991. *Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. Jakarta: LON-LIPI.
- Macnair, M.R. 1997. *The Evolution of Plants in Metal-Contaminated Environments*. Birkhauser Verlag: Bostn.
- Maitriani, L.K., Wirajana, I.N., & Yowani, S.C. Desain Primer untuk Amplifikasi Fragmen Gen *inhA* Isolat 134 *Multidrug Resistance Tuberculosis* (Mdr-Tb) dengan Metode *Polymerase Chain Reaction*. *Cakra Kimia*. Vol: 3(2). Hlm. 89-96.
- Mangkoedihardjo, S. & Samudro, G. 2010. *Fitoteknologi Terapan Edisi Pertama*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pardal, S.J. 2010. Menguji Ekspresi Gen Menggunakan Real-Time PCR. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Vol: 32 (6).
- Oomen, R.J.F.J., Wu, J., Lelièvre, F., Blanchet, S., Richaud, P., Barbier-Brygoo, H. *et.al.*, 2009. Functional characterization of NRAMP3 and NRAMP4 from the metal hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *New Phytologist*. Vol: 181. Hlm. 637–650.
- Permatasari, A.A. 2010. Fitoremediasi Logam Berat Cd Menggunakan Ki Ambang (*Salvinia molesta*) pada Media Modifikasi Lumpur Sidoarjo. *Skripsi*. Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Prasetyo, A. 2010. *Batik: Karya Agung Warisan Budaya Dunia*. Yogyakarta: Pura Pustaka.
- Rosidah, S., Anggraito, Y.U., & Pukan, K.K. 2014. Uji Toleransi Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum*) terhadap Cekaman Kadmium (Cd), timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) pada Kultur Cair. *Unnes Journal of Life Science*. Vol: 3(2). Hlm. 68-78.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana*. Vol: 30(3). Hlm. 21-26.
- Sambrook, J & Russell DW. 2001. *Molecular cloning: A laboratory manual*. Vol. 2. 3rd ed. New York: Cold Spring Harbour Laboratory Press.
- 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*. Vol: 27. Hlm. 22-27.
- Sembel, D.T. 2015. *Toksikologi Lingkungan: Dampak Pencemaran dari Berbagai Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- Setyaningsih, L. 2007. Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Kompos Aktif untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Mindi (*Melia azedarach* Linn) pada Media Tailing Tambang Emas Pongkor. *Tesis*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Siregar, E.B.M. 2002. *Proses-Proses Awal Ekspresi Gen pada Tanaman*. Sumatera Utara: Fakultas Pertanian Program Studi Ilmu Kehutanan Universitas Sumatera Utara.
- Soerjani, M., Kostermans, A.J.G.H., dan Tjitrosoepomo, G. 1987. *Weed of rice in Indonesia*. Jakarta: Penerbit Balai Pustaka.
- Subroto, M.A. 1996. *Fitoremediasi*. Cibinong: Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan, 24-25 Juni 1996.
- Suhendra. 2013. *Pelodoran/Penghilangan Lilin dan Penyempurnaan*. Hlm: 1–6. Available at: repository.upi.edu.
- Sulaeman, Mulyono, T., Rachmayani, E., Riyanto, dan Ruwanto. 2001. Teknologi Pengolahan Limbah Industri Kecil Batik. *Buku Panduan*. Yogyakarta: Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan.

- Sumiyati, S., Handayani, D.S., dan Hartanto, W. 2009. Pemanfaatan *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata*) untuk Menurunkan Logam Tembaga (Cu) dalam Limbah Elektroplating Studi Kasus: Industri Kerajinan Perak Kerajinan Perak Kelurahan Citran, Kotagede. *Jurnal Presipitasi*. Vol: 7 (2).
- Supriharyono. 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Djambatan.
- Supriono, P. 2016. *Ensiklopedia The Heritage of Batik: Identitas Pemersatu Kebanggaan Bangsa*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- Ulfah, J.S., & Chairil A.S. 2010. *Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya Dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia*. Bogor: Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology.
- Wardani, R.W.K., Ellyke, & Ningrum, P.T. 2014. Kandungan Krom Pada Limbah Cair Batik Dan Air Sumur Disekitar Industri Batik UD Bintang Timur (Studi Kasus di Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. Jember: Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember.
- Widiarso, T. 2011. Fitoremediasi Air Tercemar Nikel Menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*). *Skripsi*. Surabaya: Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wulandari, A. 2011. *Batik Nusantara: Makna Filosofis, Cara Pembuatan, dan Industri Batik*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.