

Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro*

Skripsi



Alfredo Rynaldi

31180251

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2022**

Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro*

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



Alfredo Rynaldi

31180251

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta**

2022

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfredo Rynaldi
NIM : 31180251
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro*”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 3 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Alfredo Rynaldi)
NIM. 31180251

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

KEMAMPUAN ABSORPSI DAN TOLERANSI KALUS *TALINUM PANICULATUM* (JACQ.) GAERTN TERHADAP PAPARAN KROMIUM SECARA *IN VITRO*

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

ALFREDO RYNALDI

31180251

Dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

Dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains pada tanggal 28 Juli 2022

Nama Dosen

Tanda Tangan

1. Prof. Dr. L. Hartanto Nugroho, M. Agr.
(Ketua Tim Penguji / Penguji I)

:



2. Ratih Restiani, S.Si., M.Biotech.
(Dosen Pembimbing Utama / Penguji II)

:



3. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
(Dosen Pembimbing Pendamping / Penguji III)

:



Yogyakarta, 28 Juli 2022

Disahkan Oleh

Dekan,



Drs. Guruh Prihatmo, M.S.
NIK: 894 E 099

Ketua Progam Studi,



Dr. Dhira Satwika, M. Sc
NIK: 904 E 146

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Proposal : Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro*
Nama : Alfredo Rynaldi
NIM : 31180251
Pembimbing I : Ratih Restiani, S.Si., M.Biotech.
Pembimbing II : Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
Hari/Tgl. Presentasi : Kamis, 28 Juli 2022

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Ratih Restiani, S.Si., M.Biotech.

NIK: 174 E 449

Pembimbing II



Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.

NIK: 904 E 131

Ketua Program Studi



Dr. Dhira Satwika, M. Sc

NIK: 904 E 146

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfredo Rynaldi

Nim : 31180251

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn
Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro*”

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 28 Juli 2022



Alfredo Rynaldi

NIM: 31180251

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
ABSTRAK	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Fitoremediasi	4
2.2 Logam Berat Kromium (Cr) dan Dampaknya.....	5
2.3 Morfologi dan Klasifikasi Ginseng Jawa (<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn).....	6
2.3.1. <i>Talinum</i> Sebagai Agen Fitoremediasi.....	8
2.4 Kultur <i>In Vitro</i> untuk Seleksi Tanaman Toleran Logam Berat	8
BAB III.....	12
METODOLOGI.....	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Desain Penelitian	12
3.3 Alat Penelitian	12
3.4 Bahan Penelitian	13

3.5 Tahapan Penelitian	14
3.6 Cara Kerja	14
3.6.1. Pembuatan Medium MS	14
3.6.2. Sterilisasi	15
3.6.3. Persiapan Bahan Tanaman	16
3.6.4. Inokulasi Eksplan	16
3.6.5. Subkultur Kalus ke dalam Medium Perlakuan	17
3.6.6. Pengamatan Parameter Pertumbuhan	17
3.6.7 Komposit Kalus dan Medium	17
3.6.8. Analisis Kadar Kromium (Cr)	18
3.6.9. Analisis Bioakumulasi Faktor (BCF) & Toleransi Indeks (TI)	18
3.6.10. Analisis Data	19
BAB IV	20
HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Pertumbuhan Kalus <i>Talinum paniculatum</i>	20
4.2 Pengaruh Konsentrasi Kromium Terhadap Morfologi Kalus	21
4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Kromium Terhadap Biomassa dan Indeks Toleransi (TI %) Kalus <i>T. paniculatum</i>	23
4.4 Kemampuan Absorpsi Kalus <i>T. paniculatum</i> Terhadap Variasi Konsentrasi Kromium	28
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	36

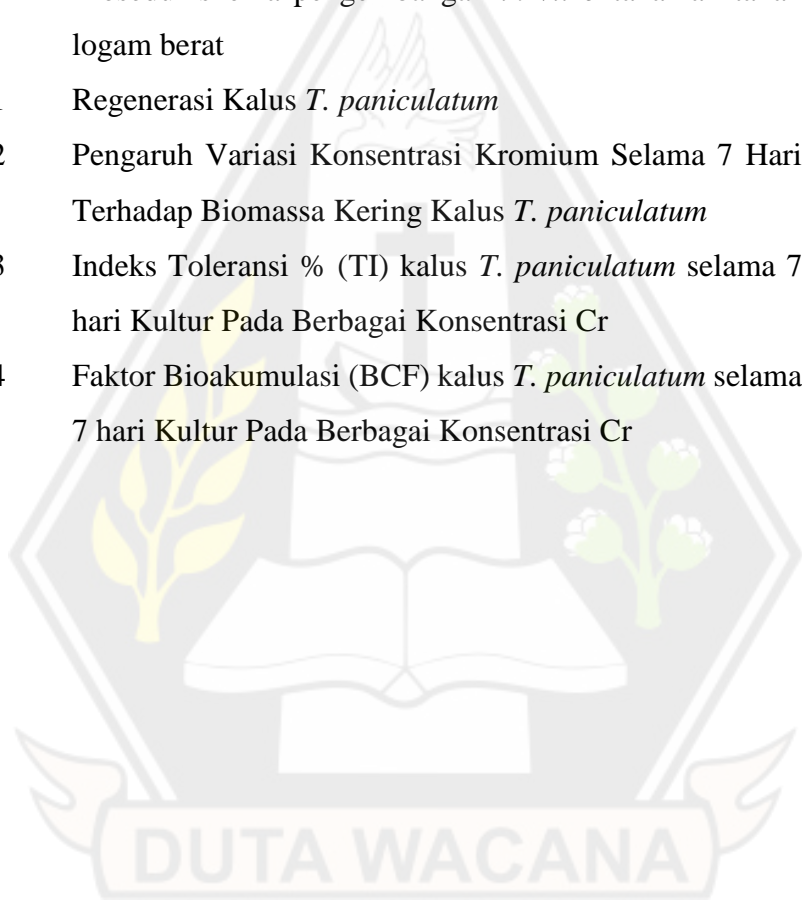
DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Morfologi Warna dan Tekstur Kalus <i>T. paniculatum</i>	21
4.2	Rata-Rata Berat Basah Kalus <i>T. paniculatum</i>	23



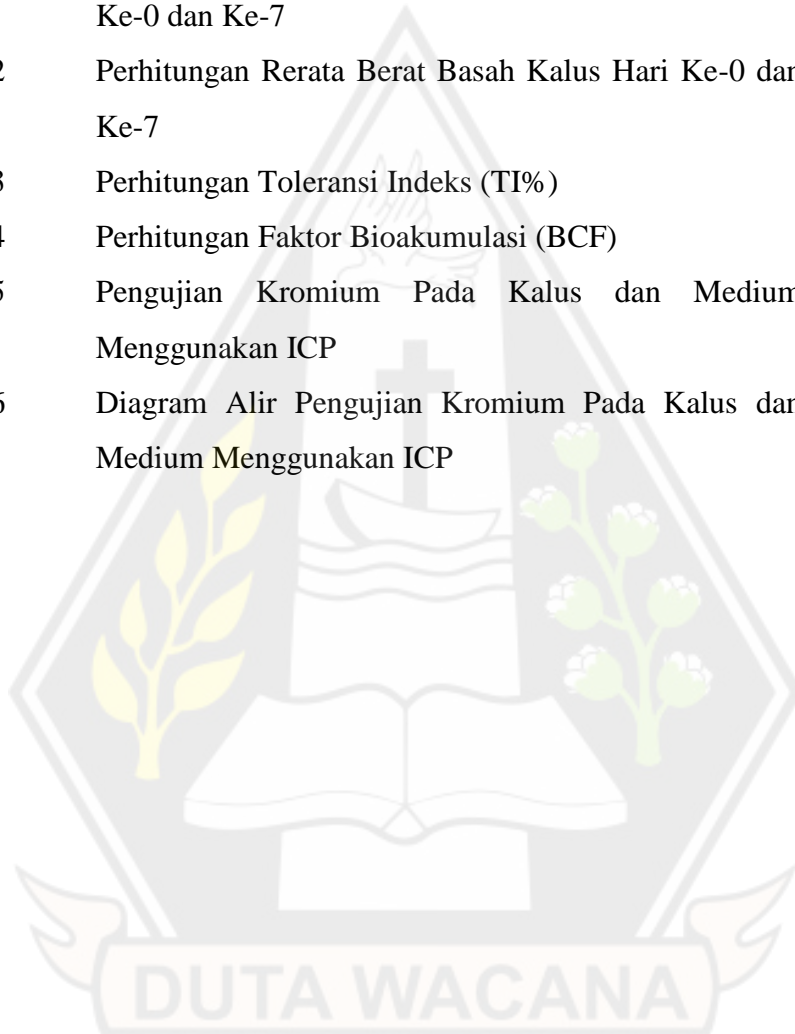
DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
1	Mekanisme Fitoremediasi	4
2	Morfologi dan Klasifikasi Ginseng Jawa (<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn)	7
3	Prosedur skema pengembangan <i>in vitro</i> tanaman tahan logam berat	9
4.1	Regenerasi Kalus <i>T. paniculatum</i>	20
4.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi Kromium Selama 7 Hari Terhadap Biomassa Kering Kalus <i>T. paniculatum</i>	25
4.3	Indeks Toleransi % (TI) kalus <i>T. paniculatum</i> selama 7 hari Kultur Pada Berbagai Konsentrasi Cr	26
4.4	Faktor Bioakumulasi (BCF) kalus <i>T. paniculatum</i> selama 7 hari Kultur Pada Berbagai Konsentrasi Cr	28



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Pengamatan Morfologi Warna dan Tekstur Kalus Hari Ke-0 dan Ke-7	26
2	Perhitungan Rerata Berat Basah Kalus Hari Ke-0 dan Ke-7	40
3	Perhitungan Toleransi Indeks (TI%)	41
4	Perhitungan Faktor Bioakumulasi (BCF)	42
5	Pengujian Kromium Pada Kalus dan Medium Menggunakan ICP	43
6	Diagram Alir Pengujian Kromium Pada Kalus dan Medium Menggunakan ICP	45



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat-Nya Skripsi dengan judul Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro* ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Skripsi merupakan suatu kewajiban yang harus dikerjakan oleh mahasiswa semester akhir Program Studi Biologi Fakultas Biotenologi Universitas Kristen Duta Wacana sebagai salah satu syarat untuk kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana (S1). Hal ini bertujuan agar mahasiswa dapat menghasilkan suatu karya penelitian untuk mengimplementasikan hasil kegiatan belajar melalui kuliah yang telah dilaksanakan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, hikmat, dan makrifat yang telah diberikan kepada penulis sepanjang proses penelitan dan penulisan naskah skripsi.
2. Papa Saut Nababan dan Mama Jojor Lidia Simanjuntak atas segala doa, motivasi, dan bantuan materi yang diberikan selama proses penelitian.
3. Ibu Ratih Restiani, S.Si., M.Biotech sebagai dosen pembimbing utama, yang telah membimbing dan mentrasfer ilmunya kepada penulis dengan sabar, bijaksana, ikhlas, dan penuh kasih sayang.
4. Bapak Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes sebagai dosen pembimbing pendamping, yang telah membantu penulis selama proses penelitian.
5. Ibu Theresia Retnowati, Amd sabagai Staf Laboratorium Bioteknologi Dasar, yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan kepada penulis dilapangan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Naskah Skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon kepada pembaca untuk menyalurkan kritik dan saran untuk menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini. Penulis berharap agar Skripsi dengan judul Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus

Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro* ini bermanfaat untuk dijadikan referensi ataupun pengembangan fitoremediasi di masa yang akan datang.

Kamis, 28 Juli 2022

Alfredo Rynaldi



ABSTRAK

Kemampuan Absorpsi dan Toleransi Kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn Terhadap Paparan Kromium Secara *In Vitro*

Alfredo Rynaldi, Ratih Restiani, Djoko Rahardjo

Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana

Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum*) merupakan tanaman ornamental yang dapat dijadikan agen fitoremediasi. *Talinum paniculatum* memiliki sistem perakaran adventif yang diproduksi secara ekstensif sehingga potensial untuk mengabsorpsi kontaminan logam berat pada lingkungan. Dalam praktiknya, penerapan fitoremediasi hanya sebatas pengaplikasian saja tanpa disertai informasi secara detail kemampuan tanaman dalam mentoleransi cekaman logam berat (*heavy metals*). Kultur *in vitro* dapat dijadikan strategi alternatif untuk memperoleh tanaman yang tepat sehingga dapat mengoptimalkan proses fitoremediasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan absorpsi dan toleransi kultur kalus *Talinum paniculatum* terhadap paparan kromium (Cr) dan mengetahui konsentrasi kromium (Cr) yang dapat ditoleransi kultur kalus *Talinum paniculatum*. Penelitian ini dimulai dari inisiasi kalus, subkultur kalus ke dalam media yang mengandung kromium (0,01 – 0,05 ppm), pengamatan morfologi, biomassa kalus, analisis BCF, dan TI. Hasil penelitian membuktikan bahwa kultur kalus *Talinum paniculatum* mampu mengabsorpsi logam berat kromium sebesar 0,714 - 2,333 dan mampu mentoleransi paparan kromium (Cr) pada konsentrasi 0,01, 0,02, dan 0,03 ppm.

Kata Kunci: Kalus, *Talinum paniculatum*, Kromium (Cr), Absorpsi, Toleransi.

ABSTRACT

Absorption and Tolerance of Cr using Callus Culture of *Talinum paniculatum*

Alfredo Rynaldi, Ratih Restiani, Djoko Rahardjo

Biology Study Program, Faculty of Biotechnology, Duta Wacana Christian University

Javanese ginseng (*Talinum paniculatum*) is an ornamental plant that can be used as a phytoremediation agent. *Talinum paniculatum* has an adventitious root system that is produced extensively so that it has the potential to absorb heavy metal contaminants in the environment. In practice, the application of phytoremediation is only limited to application without detailed information on the ability of plants to tolerate heavy metal stress. In vitro culture can be used as an alternative strategy to obtain the right plants so as to optimize the phytoremediation process. Therefore, this study aimed to determine the absorption ability and tolerance of *Talinum paniculatum* callus culture to exposure to chromium (Cr) and to determine the concentration of chromium (Cr) that can be tolerated by *Talinum paniculatum* callus culture. This research was started from callus initiation, callus subculture into media containing chromium (0.01 – 0.05 ppm), morphology observation, callus biomass, BCF analysis, and TI. The results showed that *Talinum paniculatum* callus culture was able to absorb heavy metal chromium of 0.714 - 2.333 and was able to tolerate exposure to chromium (Cr) at concentrations of 0.01, 0.02, and 0.03 ppm.

Keywords: Callus, *Talinum paniculatum*, Chromium (Cr), Absorption, Tolerance.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi alternatif yang sering digunakan untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang tercemar oleh polutan seperti logam berat (*heavy metals*). Dalam beberapa dekade terakhir, kontaminasi yang disebabkan oleh logam berat khususnya Kromium (Cr) telah menjadi ancaman yang sangat serius. Tingginya penggunaan Kromium (Cr) pada kegiatan industri menyebabkan pencemaran logam berat Kromium (Cr) meningkat dan berpotensi mendegradasi lingkungan bahkan mengganggu kesehatan masyarakat apabila terpapar dalam jangka panjang (Suteja *et al.*, 2020). Melihat permasalahan tersebut, fitoremediasi dapat dijadikan salah satu teknologi alternatif untuk meremediasi logam berat Kromium (Cr) yang tercemar di lingkungan. Strategi fitoremediasi berlandaskan pada pemanfaatan tanaman untuk mendekontaminasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya. Fitoremediasi telah mendapatkan perhatian selama beberapa dekade terakhir, sebagai pendekatan yang ramah lingkungan, efektif dan hemat biaya dengan menggunakan kemampuan alami organisme hidup untuk memperbaiki lingkungan yang tercemar (Muthusaravanan *et al.*, 2018).

Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn umumnya dikenal dengan nama Ginseng Jawa merupakan spesies tanaman hias berbunga dalam keluarga *Talinaceae*. Tanaman ini dapat ditemukan dan tumbuh di wilayah dataran rendah hingga ketinggian 1.250 mdpl dengan kondisi tanah yang subur (LPPM IPB, 2018). *Talinum paniculatum* sering digunakan sebagai obat tradisonal bagi masyarakat lokal karena banyak memiliki senyawa metabolit sekunder yang dapat dijadikan obat herbal. Selain memiliki manfaat untuk kesehatan, *Talinum paniculatum* sering dijadikan tanaman oramental dan dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi. Tanaman ini memiliki sistem perakaran adventif yang diproduksi secara ekstensif sehingga berpotensi untuk menyerap zat beracun dari media cair (Kumar *et al.*, 2012).

Talinum paniculatum telah digunakan untuk menyelidiki berbagai masalah lingkungan seperti penentuan indeks pencemaran logam dan total hidrokarbon minyak bumi di tanah pinggir jalan, stabilisasi dan reklamasi logam berat (*heavy metal*) di lokasi pembuangan, pemindahan logam berat dari limpasan air hujan dan lindi atap hijau (Kumar *et al.*, 2012). Cai *et al* (2020), melaporkan bahwa *Talinum paniculatum* mampu mengakumulasi logam berat timbal (Pb) hingga 500 mg/kg dengan faktor translokasi >1 yang menunjukkan bahwa *Talinum paniculatum* toleran jika dilihat dari kapasitas pengangkutan logam berat timbal. Spesies *Talinum* seperti *Talinum triangulare* memiliki sensitifitas dalam mengakumulasi paparan logam berat Pb. Kumar *et al* (2012), menyatakan bahwa *Talinum triangulare* mampu mengakumulasi logam berat Pb secara signifikan pada akar dan batang yaitu sebesar 19,9 mg/g BK dan 2,67 mg/g BK (Berat Kering).

Namun dalam praktiknya, penerapan fitoremediasi hanya sebatas pengaplikasian saja tanpa mengetahui informasi secara detail kemampuan tanaman dalam mentoleransi cekaman logam berat (*heavy metals*). Penggunaan tanaman ornamental sebagai agen fitoremediasi logam berat (*heavy metals*) masih jarang digunakan dan belum banyak diteliti secara mendalam. Namun menurut Ibironke Okunlola *et al* (2021), penggunaan tanaman hias sebagai tanaman uji dalam percobaan fitoremediasi memiliki hasil biomassa yang tinggi sehingga dapat mengakumulasi lebih banyak konsentrasi logam berat melalui akarnya, ke dalam jaringannya. Tinjauan mendasar terhadap kemajuan penelitian dalam mengatasi lingkungan tercemar menggunakan tanaman hias sangat penting untuk pengembangan teknologi fitoremediasi di masa depan (Liu *et al.*, 2018). Oleh karena itu, pemilihan tanaman yang tepat adalah kunci untuk melihat signifikansi keberhasilan fitoremediasi (Hidayati, 2005). Dengan begitu penggunaan spesies tanaman hias dengan potensi penyerapan kontaminan yang tinggi akan berkontribusi pada pengembangan pendekatan fitoremediasi baru, lebih efektif, memberikan manfaat secara ekonomi dan ekologi (Liu *et al.*, 2018).

Dalam upaya mengoptimalkan proses fitoremediasi, diperlukan metode alternatif yang mampu memberikan informasi eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mentoleransi toksisitas. Salah satu strategi

yang dapat digunakan adalah melalui kultur *in vitro*. Teknik kultur *in vitro* menawarkan berbagai keuntungan eksperimental dan efektif, yakni salah satunya mampu membuktikan kemampuan metabolisme intrinsik sel tumbuhan, mendapatkan tumbuhan yang bebas virus, dan mampu melihat kapasitas tanaman dalam mentoleransi toksisitas (Doran, 2009). Meskipun telah terbukti bahwa spesies *Talinum* merupakan salah satu tanaman yang potensial untuk fitoremediasi logam berat tertentu, namun belum ada studi tentang kultur *in vitro* *Talinum paniculatum* yang dapat memfasilitasi studi lebih rinci untuk menjelaskan kapasitas tanaman dalam mentoleransi toksisitas dan penyimpanan konsentrasi tinggi logam berat kromium (Cr). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai Kemampuan Akumulasi Tanaman Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn) terhadap Kromium (Cr) Secara *In Vitro*.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Seberapa besar kemampuan absorpsi dan toleransi kultur kalus *Talinum paniculatum* terhadap paparan kromium (Cr)?
- 1.2.2 Pada konsentrasi berapa kultur kalus *Talinum paniculatum* dapat mentoleransi paparan kromium (Cr)?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan absorpsi dan toleransi kultur kalus *Talinum paniculatum* terhadap paparan kromium (Cr)
- 1.3.2. Untuk mengetahui konsentrasi kromium (Cr) yang dapat ditoleransi kultur kalus *Talinum paniculatum*

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam memberikan informasi faktual terhadap kapasitas tanaman *Talinum paniculatum* dalam mentoleransi logam berat Kromium (Cr) secara *in vitro*.

Dalam kategori BCF kalus *T. paniculatum* yang diperlakukan pada konsentrasi 0,04 ppm termasuk ke dalam kategori *excluder* (<1) sedangkan pada konsentrasi 0,05 ppm termasuk dalam kategori akumulator (>1). Ketidakselarasan antara hasil BCF dan TI pada konsentrasi 0,04 dan 0,05 ppm diduga diakibatkan pada pemberian konsentrasi yang terlalu tinggi pada medium (toksik) sehingga kalus tidak mampu mentolerir (*biomass decreases*) dan adanya faktor genotipe pada tanaman (Hidayati, 2005). Hal ini diperkuat oleh Ismail *et al.* (2020), bahwa terjadinya gangguan pertumbuhan pada tanaman akan logam berat juga dapat diakibatkan pada mekanisme translokasi dan lokalisasi yang tidak efektif. Selain itu, fenomena ini terjadi hormesis, respons adaptif yang ditandai dengan peningkatan atau pengurangan respons pada konsentrasi rendah atau tinggi dari polutan tertentu dan dapat menginduksi tingkat stres yang rendah dengan mengaktifkan mekanisme tertentu dan spesifik yang meningkatkan kemampuan tanaman dalam menahan tekanan (Bernabé-Antonio *et al.*, 2015).

Merujuk hasil pengamatan morfologi warna dan tekstur kalus *T. paniculatum* (Tabel 4.1), biomassa kering kalus *T. paniculatum* (Gambar 4.2), indeks toleransi % (TI) kalus *T. paniculatum* (Gambar 4.3), dan faktor bioakumulasi (BCF) kalus *T. paniculatum* (Gambar 4.4) bahwa kalus *T. paniculatum* yang diperlakukan logam berat kromium (Cr) pada konsentrasi 0,01, 0,02, dan 0,03 ppm kalus *T. paniculatum* menunjukkan sifat toleran. Kalus *T. paniculatum* pada konsentrasi 0,01, 0,02, dan 0,03 ppm memiliki morfologi warna dan tekstur kalus masih dalam kondisi yang baik dan masih menunjukkan fase aktif membelah menjadi sel-sel yang dewasa (*mature*). Berat kering kalus pada konsentrasi 0,01, 0,02, dan 0,03 ppm pertumbuhannya semakin meningkat menjadi (0,03 g), (0,032 g), dan (0,033 g) diikuti dengan indeks toleransi (TI) yang meningkat menjadi (92,68 %), (97,56 %), dan (100,6 %) serta diikuti juga nilai bioakumulasi kalus (BCF) yang meningkat pada konsentrasi 0,01, 0,02, dan 0,03 ppm menjadi (0,714), (0,833), dan (1,571).

Morfologi warna dan tekstur kalus *T. paniculatum* pada konsentrasi 0,04 dan 0,05 ppm mengindikasikan terjadinya gangguan pertumbuhan, diikuti hasil biomassa dan indeks toleransi (TI) yang menurun. Ketidakselarasan hasil BCF dan TI pada konsentrasi 0,04 dan 0,05 diduga diakibatkan karena terjadinya stres logam, hormesis, dan faktor genotipe.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian kemampuan absorpsi dan toleransi kalus *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn terhadap paparan kromium secara *in vitro* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kultur kalus *Talinum paniculatum* mampu mengabsorpsi logam berat kromium sebesar 0,714, 0,833, 1,571, 0,909, 2,333 dan toleran terhadap logam berat kromium (Cr) sebesar 92,68 %, 97,56 %, 100,6 %, 92,68 %, dan 57,31 %.
2. Kultur kalus *Talinum paniculatum* mampu mentoleransi logam berat kromium (Cr) pada konsentrasi 0,01, 0,02 dan 0,03 ppm dengan dibuktikan indeks toleransi meningkat (92,68%), (75,56%), dan (100,6%) dan faktor bioakumulasi yang meningkat (0,714), (0,833), dan (1,571).

5.2 Saran

Dalam upaya mengevaluasi kemampuan kultur kalus *Talinum paniculatum* terhadap absorpsi dan toleransi logam berat kromium (Cr) perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan kalus yang telah beregenerasi menjadi organ daun dan akar secara *in vitro*. Selain itu, perlu dilakukan penambahan durasi waktu paparan kromium (Cr) agar dapat melihat adaptasi kultur kalus *Talinum paniculatum*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A. (2020). *Logam Berat di Muara Sungai di Lasem Diduga Terkait Limbah Batik*. Kompas.Id.
- Ashrafzadeh, S., & Leung, D. M. W. (2015). In Vitro Breeding of Heavy Metal-Resistant Plants: A Review. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 56(2), 131–136. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0128-8>
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan Dalam Perbanyak Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensi*, 10(6), 64–73.
- Bernabé-Antonio, A., Álvarez, L., Buendía-González, L., Maldonado-Magaña, A., & Cruz-Sosa, F. (2015). Accumulation and Tolerance of Cr and Pb Using a Cell Suspension Culture System of *Jatropha curcas*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 120(1), 221–228. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0597-y>
- Bukar. (2020). Assessment of Heavy metals in Water Leaf (*Talinum triangulare*) Cultivated on Fadama Soils Through Irrigation in Nigeria. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 7(June), 74–80.
- Cai, X., Yu, X., Lei, L., Xuan, B., Wang, J., Zhang, L., & Zhao, S. (2020). Comparison of Lead Tolerance and Accumulation Characteristics of Fourteen Herbaceous Plants. *Nature Environment and Pollution Technology*, 19(4), 1547–1555. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2020.v19i04.021>
- Dewi A. R, Ria Azizah, B. Y. (2013). Studi Akumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal Of Marine Research*, 2(Cd), 127–133.
- Doran, P. M. (2009). Application of Plant Tissue Cultures in Phytoremediation Research: Incentives and Limitations. *Biotechnology and Bioengineering*, 103(1), 60–76. <https://doi.org/10.1002/bit.22280>
- Ebong, G. A., Etuk, H. S., & Johnson, A. S. (2007). Heavy Metals Accumulation by *Talinum Triangulare* Grown on Waste Dumpsites in Uyo Metropolis, Akwa Ibom State, Nigeria. In *Journal of Applied Sciences* (Vol. 7, Issue 10, pp. 1404–1409). <https://doi.org/10.3923/jas.2007.1404.1409>
- Efendi, R., & Azrai, M. (2015). Kriteria Indeks Toleran Jagung Terhadap Cekaman Kekeringan dan Nitrogen Rendah. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*, 1–12.
- Ernest, A., Anadi, C. C., Paul, N.-A., & Matthew, N. (2017). Use of Waterleaf (*Talinum Triangulare*) in Remediation of Soil Exposed to Heavy Metals: A Green Technology Approach. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*, 3(9), 48–53.
- Fauziah. (2011). *Efektivitas Penyerapan Logam Berat Kromium (Cr IV) dan Kadmium (Cd) oleh Scenedesmus dimorphus* (Issue July).
- Fauziyyah, D., Hardiyati, T., & Kamsinah. (2012). Upaya Memacu Pembentukan Kalus Eksplan Embrio Kedelai (*Glycine Max (L.) Merrill*) Dengan Pemberian Kombinasi 2.4-D dan Sukrosa Secara Kultur In Vitro. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 12(7), 51–58.
- Gonzales de Souza, G., Mendes Pinheiro, A. L., Silva, J. A., Veroneze-Júnior, V., Carvalho, M., Bertoli, A. C., Barbosa, S., & Corrêa de Souza, T. (2018). Morpho-Physiological Tolerance Mechanisms of *Talinum Patens* to Lead. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3658-0>
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, 12(1), 35–40. [https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30321-7](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30321-7)
- Hidayati, N. (2013). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14(2), 75–82.
- Ibironke Okunlola, A., Nathaniel Arije, D., & Olayinka Olajugbagbe, K. (2021). Evaluation of Ornamental Plants for Phytoremediation of Contaminated Soil. In *Soil Contamination -*

- Irmawati. (2007). Pertumbuhan dan Kandungan Reserpin Kultur Kalus *Rauvolfia verticillata* (Lour.) Baillon Pada Variasi Konsentrasi Sukrosa dalam Media MS. In *Skripsi*.
- Ismail, I., Mangesa, R., & Irsan, I. (2020). Bioakumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Mangrove Jenis *Rhizophora mucronata* Di Teluk Kayeli Kabupaten Buru. *Biosel: Biology Science and Education*, 9(2), 139. <https://doi.org/10.33477/bs.v9i2.1637>
- ITIS. (2011). *ITIS - Report: Talinum paniculatum*. Integrated Taxonomic Information System. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=20452#null
- Kumar, A., Prasad, M. N. V., & Sytar, O. (2012). Lead Toxicity, Defense Strategies and Associated Indicative Biomarkers in *Talinum triangulare* Grown Hydroponically. *Chemosphere*, 89(9), 1056–1065. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.070>
- Labancová, E., Vivodová, Z., Kučerová, D., Lišková, D., & Kollárová, K. (2020). The Cadmium Tolerance Development of Poplar Callus is Influenced by Silicon. *Ecotoxicology*, 29(7), 987–1002. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02242-z>
- Liknaw, G., Tekalign, T., & Guya, K. (2017). Impacts of Tannery Effluent on Environments and Human Health. *Journal of Environmental and Earth Science*, 7(3), 88–97. www.iiste.org
- Liu, J., Xin, X., & Zhou, Q. (2018). Phytoremediation of Contaminated Soils Using Ornamental Plants. *Environmental Reviews*, 26(1), 43–54. <https://doi.org/10.1139/er-2017-0022>
- LPPM IPB. (2018). *Ginseng Jawa (Talinum sp.)*. Pusat Kajian Hortikultura Tropika. <https://pkht.ipb.ac.id/index.php/2018/06/05/ginseng-jawa-thalinum-sp/>
- Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M. K., Lahori, A. H., Wang, Q., Li, R., & Zhang, Z. (2016). Challenges And Opportunities In The Phytoremediation of Heavy Metals Contaminated Soils: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.023>
- Muthusarayanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J., Gayathri, V., & Al-Duaij, O. K. (2018). Phytoremediation of Heavy Metals: Mechanisms, Methods and Enhancements. *Environmental Chemistry Letters*, 16(4), 1339–1359. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>
- National Parks Board. (2022). *NParks | Talinum paniculatum*. A Singapore Government Agency Website. <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/2/4/2494>
- Nurchayati, Y., Santosa, S., Nugroho, L. H., & Indrianto, A. (2016). Growth Pattern and Copper Accumulation in Callus of *Datura metel*. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(2), 135. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v8i2.5177>
- Palengara, D. (2020). In Vitro Studies on Heavy Metal Stress Tolerance in *Solanum lycopersicum* L. var. Anagha. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 6(1), 583–591.
- Prasad, S., Yadav, K. K., Kumar, S., Gupta, N., Cabral-Pinto, M. M. S., Rezanía, S., Radwan, N., & Alam, J. (2021). Chromium Contamination and Effect on Environmental Health and Its Remediation: A Sustainable Approaches. *Journal of Environmental Management*, 285(August 2020), 112174. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112174>
- Purba, R. V., Yuswanti, H., & Astawa, I. N. G. (2017). Induksi Kalus Eksplan daun Tanaman Anggur (*Vitis vinifera* L.) dengan Aplikasi 2,4-D Secara in Vitro. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 6(2), 218–228. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT/article/view/30895>
- Rasud, Y., & Bustaman, B. (2020). In Vitro Callus Induction from Clove (*Syzygium aromaticum* L.) Leaves on Medium Containing Various Auxin Concentrations. *Jurnal*

- Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 67–72. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.67>
- Rindang Dwiyani. (2015). *Kultur Jaringan* (Issue Kultur Jaringan).
- Santana, I. K. Y. T., Julyantoro, P. G. S., & Wijayanti, N. P. P. (2018). Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) pada Akar dan Daun Lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pantai Sanur, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 47. <https://doi.org/10.24843/ctas.2018.v01.i01.p07>
- Sartini, Ahmad Z., S. A. (2019). Efek Logam Krom Terhadap Pertumbuhan Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) dan Akumulasinya. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Jurusan Biologi FMIPA Kendari 2019, November*, 254–259.
- Setiawati, T., Ayalla, A., & Witri, A. (2019). Induksi Kalus Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) dengan Penambahan Berbagai Kombinasi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). *Jurnal EduMatSains*, 3(2), 119–132.
- Shofiyani, A., Purnawanto, A. M., & Pratikaa, L. (2020). Pengaruh Jenis Media Dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Produksi Kalus Kencur (*Kaempferia galanga* L.). *Seminar Nasional*, 656–661.
- Sholikhah, L. L. (2014). Pengaruh Fe²⁺ pada Media Ms dengan Penambahan 2,4-D yang Dikombinasikan dengan Air Kelapa Terhadap Perkembangan dan Kandungan Metabolit Sekunder Asiatikosida dan Madekasosida Kalus Pegagan (*Centella asiatica* L. Urban). In *Skripsi* (Vol. 1). <https://core.ac.uk/download/pdf/11715904.pdf>
- Sititjak, M. A., Isda, M. N., & Fatonah, S. (2015). Induksi Kalus dari Eksplan Daun In Vitro Keladi Tikus (*Typhonium* sp.) dengan Perlakuan 2,4-D dan Kinetin. *Al-Kaunyah Jurnal Biologi*, 8(1), 32–39.
- Sugiyarto, L., & Kuswadi, P. C. (2014). Pengaruh 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) dan Benzyl Aminopurin (BAP) Terhadap Pertumbuhan Kalus Daun Binahong (*Anredera cordifolia* L.) serta Analisis Kandungan Flavonoid Total. *Biologi, Jurdik Uny, Fmipa*, 19(1), 1–6.
- Sulistiono, S. (2017). *Talinum paniculatum* (Jacq) Gaertn (Java ginseng) Production Using Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal. *International Journal of Applied Biology*, 1(2), 76–81. <https://doi.org/10.20956/ijab.v1i2.3133>
- Suteja, Y., Dirgayusa, I. G. N. P., & Purwiyanto, A. I. S. (2020). Chromium in Benoa Bay, Bali - Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 153(February), 111017. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111017>
- Tangahu, B. V., Sheikh Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, And Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 31. <https://doi.org/10.1155/2011/939161>
- Vasavi, A., Usha, R., & Swamy, P. M. (2010). Phytoremediation- An Overview Review. *Journal of Industrial Pollution Control*, 26(1), 83–88.
- Wiediani, A. (2007). Formulasi Tablet Effervescent dari Ekstrak Ginseng Jawa (*Talinumpaniculatum* (Jacq.) Gaertn.) Terstandar dengan Variasi Kadar Asam. In *Jurusan Farmasi FMIPA-Universitas Islam Indonesia*.
- Wijaya, R., Restiani, R., & Aditiyarini, D. (2020). Pengaruh Kitosan Terhadap Produksi Saponin Kultur Kalus Daun Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.). *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19, September*, 252–261.
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11(April), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00359>