POTENSI *PHYTOMINING* EMAS MARIGOLD (*Tagetes erecta* L.) DENGAN PENDEKATAN MORFOANATOMI

ARDIAN JULIO NURTRIAS

DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Potensi *Phytomining* Emas Marigold (*Tagetes erecta* L.) dengan Pendekatan Morfoanatomi" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2026

Ardian Julio Nurtrias
NIM G3401221074

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

ABSTRAK

Ardian Julio Nurtrias. Potensi *Phytomining* Emas Marigold (*Tagetes erecta* L.) dengan Pendekatan Morfoanatomi. Dibimbing oleh HAMIM dan NINA RATNA DJUITA.

Tailing pertambangan emas mengandung logam emas (Au) dalam konsentrasi yang sangat rendah yang berpotensi dipulihkan melalui proses *phytomining*. Penelitian ini bertujuan menganalisis respons pertumbuhan, morfologi, anatomi akar, status air jaringan, dan akumulasi Au pada marigold (*Tagetes erecta* L.) dalam media tailing. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor, yaitu media tanam, dengan perlakuan T0 (100% media dasar) dan T1 (50% media dasar dan 50% tailing). Tanaman dipelihara selama 60 hari, kemudian diberi amonium tiosulfat sebagai agens pelindi dengan dosis 2,5 g/kg media dan dipanen satu minggu setelah aplikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan T1 menurunkan bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan kadar air relatif daun dibandingkan dengan kontrol. Perubahan anatomi akar meliputi penebalan sel korteks sebesar 36,62% dan peningkatan diameter pembuluh xilem sebesar 21,53%. Akumulasi Au pada perlakuan T1 mencapai 5.673 µg/g pada akar dan 1.339 µg/g pada tajuk, dengan faktor biokonsentrasi (BCF) sebesar 27,678, faktor translokasi (TF) sebesar 0,322, serta potensi *phytomining* (PP) sebesar 7,012 mg/kg. Nilai BCF di atas satu dan TF di bawah satu menunjukkan kemampuan akumulasi Au dengan translokasi terbatas menuju tajuk. Berdasarkan hasil tersebut, *T. erecta* menunjukkan potensi sebagai tergolong fitoakumulator kuat emas (Au) yang cenderung berperilaku sebagai fitostabilisator.

Kata kunci: amonium tiosulfat, anatomi akar, fitoakumulator, pelindi, tailing tambang emas

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

ABSTRACT

ARDIAN JULIO NURTRIAS. Gold Phytomining Potential of Marigold (*Tagetes erecta* L.) through a Morphoanatomical Approach. Supervised by HAMIM and NINA RATNA DJUITA.

Gold mine tailings contain potentially polluting heavy metals but retain trace amounts of gold (Au) that may be recovered through phytomining. This study examined growth, morphology, root anatomy, tissue water status, and Au accumulation in marigold (*Tagetes erecta* L.) grown in tailings media. A completely randomized design with one factor, growing medium, compared T0 (100% basal medium) and T1 (50% basal medium and 50% tailings). Plants were grown for 60 days, treated with ammonium thiosulfate as a lixiviant at 2,5 g/kg of medium by drenching, and harvested one week later. T1 reduced shoot dry weight, root dry weight, and leaf relative water content compared with the control. Root anatomical changes included increases of 36.62% in cortical thickness and 21.53% in xylem vessel diameter. Au concentrations under T1 reached 5.673 µg/g in roots and 1.339 µg/g in shoots, with a bioconcentration factor (BCF) of 27.678, a translocation factor (TF) of 0.322, and phytomining potential (PP) of 7.012 mg/kg. A BCF above one and TF below one indicate Au accumulation with limited translocation to shoots. These findings suggest that *T. erecta* has potential as a strong phytoaccumulator that acts as a phytostabilizer by retaining Au in root tissues.

Keywords: ammonium thiosulfate, gold mine tailings, lixiviant, phytoaccumulator, root anatomy

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

POTENSI *PHYTOMINING* EMAS MARIGOLD (*Tagetes erecta*) DENGAN PENDEKATAN MORFOANATOMI

ARDIAN JULIO NURTRIAS

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Biologi

DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Penguji pada Ujian Skripsi:
Prof. Dr. Ir. Nampiah

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Judul Skripsi : Potensi *Phytomining* Emas Marigold (*Tagetes erecta* L.) dengan Pendekatan Morfoanatomi
Nama : Ardian Julio Nurtrias
NIM : G3401221074

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Hamim M.Si.

Digitally signed by:
Hamim
Date: 30 Okt 2026 17.27.33 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id

Pembimbing 2:
Dr. Nina Ratna Djuita, S.Si. M.Si.

Digitally signed by:
Nina Ratna Djuita
Date: 30 Okt 2026 13.13.59 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id

Diketahui oleh

Ketua Departemen Biologi
Prof. Dr. Ir. Iman Rusmana M.Si
NIP 196507201991031002

Digitally signed by:
Iman Rusmana
Date: 1 Nov 2026 22.12.15 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id

Tanggal Ujian:
6 Oktober 2026

Tanggal Lulus:

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2025 sampai bulan Juli 2026 ini ialah *phytomining*, dengan judul "Potensi *Phytomining* Emas Marigold (*Tagetes erecta* L.) dengan Pendekatan Morfoanatomi".

Pelaksanaan penelitian dan penulisan karya ilmiah ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. IPB University dan Departemen Biologi yang telah menyediakan fasilitas yang mendukung penelitian.
2. Prof. Dr. Ir. Hamim M.si selaku dosen pembimbing pertama, Dr. Nina Ratna Djuita, S.Si. M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah membimbing dan banyak memberi saran selama penelitian.
3. Staf laboratorim Departemen Biologi IPB Bapak Asep, Ibu Dewi, Ibu Wiwi, Ibu Pipit, serta seluruh jajaran staf Laboratorium Fisiologi dan Genetika Tumbuhan dan Laboratorim Ekologi dan Sumber Daya Tumbuhan yang telah membantu selama penelitian.
4. Kedua orang tua yaitu Bapak Sugiyatno dan Ibu Khusnul Khotimah, Kakak (Lily Nurul Isnaini dan Helmi Nurul Wahid), Adik (Archie Chandra Arba'adiwa) yang senantiasa mendukung dan membersamai setiap langkah dengan doa dan kasih sayangnya.
5. Sahabat tercinta yang telah memberikan semangat dan menemani penulis di saat suka dan duka.
6. Rekan-rekan Biologi angkatan 59 "Orcinus Aegis" atas kebersamaannya selama ini
7. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Oktober 2026

Ardian Julio Nurtrias

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

PRAKATA viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xi
I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat 3
1.5 Ruang Lingkup 3
1.6 Hipotesis 3
II METODE 4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian 4
2.2 Alat dan Bahan 4
2.3 Prosedur Percobaan 4
2.3.1 Persiapan Tailing Tambang Emas dan Media Perlakuan 5
2.3.2 Penyemaian dan Penanaman 6
2.3.3 Pengamatan Morfologi 6
2.3.4 Analisis Kadar Air Relatif (RWC) 6
2.3.5 Analisis Anatomi Akar 7
2.3.6 Pemberian agens pelindi dan Pemanenan 7
2.3.7 Analisis Kandungan Emas (Au) 8
2.4 Peubah Penelitian 8
2.4.1 Tinggi Tajuk (TT) 8
2.4.2 Jumlah Daun (JD) 8
2.4.3 Bobot Basah (BB) 9
2.4.4 Bobot Kering (BK) 9
2.4.5 Rasio Akar Tajuk (Root Shoot Ratio / RSR) 9
2.4.6 Kadar Air Relatif (RWC) 9
2.4.7 Diameter Akar 9
2.4.8 Tebal Stele 9
2.4.9 Tebal Korteks 10
2.4.10 Diameter Xilem 10
2.4.11 Faktor Biokonsentrasi (BCF) 10
2.4.12 Faktor Translokasi (TF) 10
2.4.13 Potensi *Phytomining* (PP) 11
2.5 Analisis Data 11
III HASIL DAN PEMBAHASAN 12
3.1 Karakteristik Tailing Tambang Emas dan Media Tanam 12
3.2 Respons Pertumbuhan 13
3.2.1 Tinggi Tajuk 14

3.2.2 Jumlah daun 15
3.3 Biomassa 16
3.4 Kadar Air Relatif Daun (RWC) 19
3.5 Anatomi Akar 20
3.6 Kandungan Emas (Au) 22
IV SIMPULAN DAN SARAN 26
4.1 Simpulan 26
4.2 Saran 26
DAFTAR PUSTAKA 27
LAMPIRAN 31

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

1 Kadar pH dan kandungan emas pada media percobaan 13
2 Hasil pengukuran anatomi akar *T. erecta* 21
3 Kadar emas (Au) pada *T. erecta* (µg/kg). 22
4 Nilai BCF, TF, dan PP *T. erecta* 24

DAFTAR GAMBAR

1 Lokasi pengambilan sampel tailing tambang emas 4
2 Bagan alir percobaan 5
3 Perkembangan morfologi tajuk *T. erecta* 13
4 Grafik tinggi tajuk *T. erecta* 14
5 Grafik jumlah daun *T. erecta* 15
6 Morfologi daun *T. erecta* 16
7 Respons biomassa tajuk dan akar *T. erecta* 17
8 Rasio akar–tajuk *T. erecta* 18
9 Kadar air relatif (RWC) *T. erecta* 19
10 Penampang melintang akar *T. erecta* 22

DAFTAR LAMPIRAN

1 Hasil analisis ICP-MS kandungan logam Au 32
2 Komposisi larutan FAA 33
3 Komposisi larutan Johansen 33
4 Komposisi larutan Gifford 33
5 Hasil uji independent Samples T-test 34
6 Hasil uji normalitas dan homogenitas 35
7 Data deskriptif variabel penelitian 36