UNIVERSITAS GADJAH MADA
Toksisitas Mordan Tawas dan Biomordan Sympocos fasciculata Roxb. ex A.DC. pada Embrio Zebrafish (Danio rerio Hamilton, 1822)
Dewi Puspita Sari, Prof. Bambang Retnoaji, S.Si., M.Sc.; Dr. biol.hom. Nastiti Wijayanti, S.Si., M.Si.; Prof. Dr. Purnon
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN SETELAH HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PENGESAHAN DEKAN..... iii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PROMOTOR iv
HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI vi
PRAKATA..... vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL..... xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN.....xvi
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN xvii
INTISARI..... xix
ABSTRACT.....xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Permasalahan 5
C. Tujuan Penelitian 6
D. Manfaat Penelitian 7
E. Keaslian dan Kebaharuan Penelitian..... 8
F. Ruang Lingkup Penelitian..... 14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 17
A. Mordan Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) 17
B. Biomordan Genus *Symplocos* 19
C. Perbandingan Spesiasi Kimia antara Aluminium Sulfat dan *Symplocos*..... 32
D. Zebrafish (*Danio rerio* Hamilton, 1822) 34
E. Kerangka Kerja *Adverse Outcome Pathway* (AOP) 41
F. *Fish Embryo Toxicity* (FET) *Test*..... 45
G. Morfologi Alterasi pada Embrio Zebrafish..... 49
H. Pendekatan Anatomi Kranioskeletal..... 53

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Toksisitas Mordan Tawas dan Biomordan Sympocos fasciculata Roxb. ex A.DC. pada Embrio Zebrafish (Danio rerio Hamilton, 1822)
Dewi Puspita Sari, Prof. Bambang Retnoaji, S.Si., M.Sc.; Dr. biol.hom. Nastiti Wijayanti, S.Si., M.Si.; Prof. Dr. Purnon
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

I. Analisis Histopatologi 56
J. Enzimatik *Assay* 75
K. Visualisasi Apoptosis dengan *acridine orange* 78
L. *Molecular Assay* 80

BAB III LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS 83

A. Landasan Teori 83
B. Kerangka Konsep Penelitian 86
C. Hipotesis Penelitian 89

BAB IV METODE PENELITIAN 91

A. Waktu dan Tempat Penelitian 91
B. Bahan dan Alat Penelitian 91
C. Rancangan Penelitian 97
D. Prosedur Kerja 99
a. Proses persiapan indukan zebrafish 99
b. Pemijahan dan perlakuan embrio pasca pijah 99
c. Pembuatan larutan 100
d. *Preliminary test* 103
e. *Range Finding Test (RFT)* 104
f. *Sub-lethal concentration test* 105
g. Pengujian kandungan Aluminium dengan ICP – OES 106
h. Pengujian kandungan metabolit sekunder metode GCMS 106
i. Preparat histologi daun *Symplocos* metode paraffin dengan pewarnaan hematoksilin – KIO_3 106
j. Preparat histologi larva zebrafish metode parafin dengan pewarnaan hematoksilin – eosin 108
k. Preparasi kranioskeletal menggunakan pewarna *alizarin red – alcian blue* 110
l. SEM EDX 111
m. Uji aktivitas enzim SOD, CAT, dan kadar MDA 111
n. Pengujian apoptosis menggunakan *acridine orange* 116
o. qRT – PCR (*Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction*) 117
E. Analisis Data 118
F. Diagram Alur Penelitian 121

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 122

A. Identifikasi Sampel *Symplocos* dari Kebun Raya Baturraden 122
B. Kuantifikasi Kandungan Aluminium (Al) Tiga Usia Daun *Symplocos fasciculata* dan *Symplocos cochinchinensis* menggunakan ICP-OES 129

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Toksisitas Mordan Tawas dan Biomordan Sympocos fasciculata Roxb. ex A.DC. pada Embrio Zebrafish (Danio rerio Hamilton, 1822)
Dewi Puspita Sari, Prof. Bambang Retnoaji, S.Si., M.Sc.; Dr. biol.hom. Nastiti Wijayanti, S.Si., M.Si.; Prof. Dr. Purnon
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

C. Analisis Akumulasi Aluminium Tiga Usia Daun dari *Symplocos fasciculata* dan *Symplocos cochinchinensis* menggunakan Histokimia 131
D. SEM-EDX dengan *Mapping Element* Tiga Usia Daun *Symplocos fasciculata* dan *Symplocos cochinchinensis* 137
E. Aktivitas Enzim Stres Oksidatif pada Tiga Usia Daun *Symplocos fasciculata* dan *Symplocos cochinchinensis* 140
F. Identifikasi Kristal Oksalat Chelator Al pada Daun Tua *Symplocos fasciculata* 147
G. Pengujian kandungan senyawa aktif daun *Symplocos fasciculata* menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography -Mass Spectrometry*) 150
H. Identifikasi Unsur Penyusun Serbuk *Symplocos fasciculata* dan Serbuk Tawas Menggunakan SEM EDX *Mapping* 155
I. Kuantifikasi LC50 dan Penentuan Konsentrasi Perlakuan Percobaan 160
J. Pengujian Kandungan Aluminium Larutan Uji Subletal menggunakan ICP – OES 162
K. Ekspresi Gen Antioksidan dan Pro-apoptosis (qRT-PCR) 163
L. Aktivitas Enzim Antioksidan dan Kadar MDA 177
M. Apoptosis pada Larva Zebrafish 188
N. Analisis Histolpatologi Larva *Danio rerio* 192
O. *Fish Embryo Toxicity Test* (FET) Zebrafish 221
P. *Phenotypic Alteration* (Teratogenesis) Zebrafish 96 hpf 246

BAB VI PEMBAHASAN UMUM 259

BAB VII SIMPULAN DAN SARAN 275

A. Simpulan 275
B. Saran 276

RINGKASAN 278

SUMMARY 281

DAFTAR PUSTAKA 284

LAMPIRAN 323