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/

Toksisitas Mordan Tawas dan Biomordan *Symplocos fasciculata* Roxb. ex A.DC. pada Embrio Zebrafish (*Danio rerio* Hamilton, 1822)

Dewi Puspita Sari
21/486536/SBI/00199

INTISARI

Ketergantungan industri tekstil pada mordan tawas dapat menimbulkan risiko ekologis yang signifikan karena tingginya bioavailabilitas ion aluminium (Al^{3+}) bebas di ekosistem perairan. Mordan alami dari tumbuhan hiperakumulator aluminium seperti *Symplocos* telah diteliti sebagai agen *green chemistry*, namun keamanan biologis dan mekanisme toksikologisnya belum divalidasi secara ketat pada level *in vivo*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ekotoksisitas komparatif antara mordan tawas dan biomordan dari genus *Symplocos* menggunakan hewan model embrio zebrafish (*Danio rerio*) dengan pendekatan *Adverse Outcome Pathway* (AOP) untuk menjembatani pengaruh paparan bahan uji dan dampak biologis pada organisme. Kandungan unsur aluminium kedua mordan dideteksi dengan ICP-OES, SEM-EDX, dan histokimia, adaptasi cekaman aluminium melalui aktivitas enzimatik, dan identifikasi sennyawa ligan pengkelat aluminium pada *Symplocos* dengan GC-MS dan SEM. Embrio zebrafish usia 4 - 96 *hours post-fertilization* (hpf) dipapar dengan tiga konsentrasi subletal dari kedua jenis mordan. *Fish Embryo Toxicity* (FET) untuk menentukan nilai LC50 dilanjutkan penilaian *fenotipik alteration* embrio zebrafish, penilaian histopatologis pada organ target (otak, mata, insang, hati, *yolk sac*, usus, otot), analisis enzim *reactive oxygen species* (ROS) yang meliputi *superoxide dismutase* (SOD) dan *catalase* (CAT), dan produk lipid peroksida berupa *malondyaldehide* (MDA), apoptosis dengan pewarnaan *acridine orange*. RT-qPCR untuk ekspresi gen stres oksidatif berupa CAT, SOD2, dan *gluthation peroxidase* (GPx) serta ekspresi gen apoptosis caspase-3 (casp-3), caspase-9 (casp-9), dan p53. Analisis pada *Symplocos* membuktikan daun tua *Symplocos fasciculata* mengandung Al tertinggi. Uji toksisitas menunjukkan bahwa *Symplocos fasciculata* memiliki ambang batas keamanan (*safety margin*) yang jauh lebih tinggi (LC50: 5,130 g/L) dibandingkan dengan aluminium sulfat (LC50: 0,1173 g/L). Paparan tawas menginduksi kerusakan sistemik yang parah, termasuk *end lethal point*, f*enotipik alteration*, malformasi, dan nilai histopatologis yang signifikan (*dose-dependent*). Data molekuler menunjukkan bahwa mordant tawas memicu lonjakan ROS yang masif dan regulasi naik (*up-regulation*) gen pro-apoptosis (casp3, p53); *Symplocos fasciculata* menunjukkan respons yang lebih terkendali. Keberadaan ligan organik pada *Symplocos fasciculata* mampu mengurangi bioavailabilitas Al^{3+}, sehingga memitigasi stres oksidatif dan menjaga homeostasis

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/

seluler. Penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa *Symplocos fasciculata* merupakan alternatif mordan yang aman secara biologis dan ramah lingkungan. Validasi reduksi toksisitas pada tingkat molekuler dan jaringan menjadikan studi dasar transisi produksi tekstil berkelanjutan yang selaras dengan SDG 12 (*consumption and reproduction responsibility*) dan SDG 14 (*Life Below Water*).

Kata Kunci: Mordan tawas, *Symplocos fasciculata*, *Danio rerio*, Toksisitas, *Adverse Outcome Pathway*, *Green chemistry*.

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/

Toxicity of Alum Mordant and Biomordant of *Symplocos fasciculata* Roxb. Ex A.DC on Zebrafish Embryos (*Danio rerio* Hamilton, 1822)

Dewi Puspita Sari
21/486536/SBI/00199

ABSTRACT

The textile industry's reliance on alum mordants can pose significant ecological risks, as free aluminum (Al^{3+}) ions are highly bioavailable in aquatic ecosystems. Natural mordants derived from aluminum hyperaccumulator plants, such as *Symplocos*, have been studied as green chemistry agents. However, their biological safety and toxicological mechanisms have not been rigorously validated in vivo. This study aimed to evaluate the comparative ecotoxicity of aluminum sulfate mordants and biomordants from the genus *Symplocos* using zebrafish (*Danio rerio*) embryos as an animal model, applying the Adverse Outcome Pathway (AOP) approach to bridge the effects of test material exposure and biological impacts on the organism. The aluminum content of both mordants was determined by ICP-OES and SEM-EDX, as well as by additional histochemical analysis, enzymatic activity, and GC-MS in *Symplocos*. Zebrafish embryos aged 4-96 hours post-fertilization (hpf) were exposed to three sublethal concentrations of both mordants. Fish Embryo Toxicity (FET) to determine the LC50 value followed by phenotypic assessment of zebrafish embryo alteration, histopathological assessment of target organs (brain, eyes, gills, liver, *yolk sac*, intestine, muscle), analysis of reactive oxygen species (ROS) enzymes including superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), and lipid peroxide products in the form of malondyaldehyde (MDA), apoptosis through acridine orange staining. RT-qPCR for oxidative stress gene expression in the form of CAT, SOD2, and glutathione peroxidase (GPx), as well as expression of apoptosis genes caspase-3 (casp-3), caspase-9 (casp-9), and p53. Analysis of *Symplocos* showed that the old leaves of *Symplocos fasciculata* contained the highest Al levels. Toxicity tests showed that *Symplocos fasciculata* had a significantly higher safety margin (LC50: 5.130 g/L) compared to aluminum sulfate (LC50: 0.1173 g/L). Exposure to alum induced severe systemic damage, including an end-lethal point, phenotypic alterations, malformations, and significant histopathological changes (dose-dependent). Molecular data showed that the mordant triggered a massive surge of ROS and upregulation of pro-apoptotic genes (casp3, p53); *Symplocos fasciculata* showed a more controlled response. The presence of organic ligands in *Symplocos fasciculata* reduced Al^{3+} bioavailability, thereby mitigating oxidative stress and maintaining cellular homeostasis. This study provides empirical evidence that *Symplocos fasciculata* is a biologically safe and environmentally friendly alternative mordant. Validation of toxicity reduction at the molecular and tissue levels provides a

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/

baseline study for the transition to sustainable textile production that aligns with SDG 12 (consumption and reproduction responsibility) and SDG 14 (Life Below Water).

Keywords: Alum mordant, *Symplocos fasciculata*, *Danio rerio*, Toxicity, Adverse Outcome Pathway, Green chemistry.