UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

APLIKASI PEWARNA ALAMI TANIN PADA JARINGAN: KARAKTERISTIK VISIBILITAS, SELEKTIVITAS, STABILITAS, DAN AFINITAS

DISERTASI

Oleh:

RASUANE NOOR
22/500901/SBI/00211

FAKULTAS BIOLOGI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2026

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

APLIKASI PEWARNA ALAMI TANIN PADA JARINGAN: KARAKTERISTIK VISIBILITAS, SELEKTIVITAS, STABILITAS, DAN AFINITAS

Disertasi untuk memperoleh derajat Doktor dalam Ilmu Biologi

pada Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

Dipertahankan dihadapan Dewan Penguji

Program Pascasarjana Fakultas Biologi

Universitas Gadjah Mada

pada tanggal: 15 Juli 2026

Oleh:

RASUANE NOOR
22/500901/SBI/00211

FAKULTAS BIOLOGI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2026

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PENGESAHAN DEKAN

Disertasi ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Doktor

Tanggal: ..... 21 JUL 2026 .....

Prof. Dr. Budi S. Daryono, M.Agr.Sc.

Dekan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PENGESAHAN TIM PROMOTOR

Dr. Maryani, M.Sc.
Promotor

Tanggal 20-7-2026

Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.
Ko-Promotor 1

Tanggal 20-7-2026

Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, MS., IPU.
Ko-Promotor 2

Tanggal 20-7-2026

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI

Aplikasi Pewarna Alami Tanin pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas

Disusun oleh:
Rasuane Noor
22/500901/SBI/00211

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 15 Juli 2026
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji

Prof. Rina Sri Kasiamdari, S.Si., Ph.D.
NIP. 19671210 199403 2 001

Penguji I/Promotor

Dr. Maryani, M.Sc.
NIP. 19650710 199003 2 003

Penguji II/Ko- Promotor I

Prof. Dr. Bambang Retnoaji, S.Si., M.Sc.
NIP. 19701020 199803 1 008

Penguji III/ Ko-Promotor II

Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, MS., IPU
NIP. 19600730 198503 2 002

Penguji IV/Ketua Tim Penilai

Prof. Dr. L. Hartanto Nugroho, M.Agr. NIP. 19650430 199010 1 001

Penguji V/Anggota Tim Penilai

Dr. Tri Rini Nuringtyas, M.Sc.
NIP. 19730327 199903 2 002

Penguji VI/Anggota Tim Penilai

Dr. Ardaning Nuriliani, S.Si., M.Kes.
NIP. 19801220 200812 2 001

Penguji VII/Anggota Tim Penilai

Dr. Tetri Widiyani S.Si., M.Si.
NIP. 19711224 200003 2 001

Disertasi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Doktor

Prof. Dr. Budi Setiadi Daryono, M.Agr.Sc.
NIP. 19700326 199512 1 001
Dekan/Penanggung Jawab Program Studi Doktor Biologi
Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas

Intisari

Rasuane Noor
22/500901/SBI/00211

Program Studi Doktor Biologi, Fakultas Biologi,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Penggunaan pewarna sintetis dalam berbagai bidang, termasuk histologi, terus meningkat karena menghasilkan warna yang cerah dan stabil. Namun, penggunaannya berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan sehingga mendorong pengembangan pewarna alami sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan. Indonesia memiliki potensi sumber daya hayati yang kaya akan pewarna alami, salah satunya tanin dari tumbuhan tingi (*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob.)). Beberapa bahan alami telah diteliti sebagai pewarna jaringan biologis, kajian mengenai karakteristik pewarnaannya seperti visibilitas, selektivitas, stabilitas, dan afinitas terhadap komponen jaringan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi tanin dari tumbuhan tingi sebagai pewarna alami pada jaringan tumbuhan dan hewan melalui analisis visibilitas, selektivitas, stabilitas, dan afinitas pewarnaan, serta menentukan kondisi optimum untuk aplikasi. Penelitian ini menggunakan preparat histologis batang bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) yang dibuat dengan metode tanpa parafin dan rektum tikus putih *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) dengan metode parafin. Jaringan diwarnai dengan tanin dibandingkan dengan kontrol menggunakan pewarna sintetis. Variabel bebas meliputi konsentrasi tanin, waktu perendaman, dan konsentrasi mordan. Variasi mordan yang digunakan yaitu: $FeSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, dan $CaCO_3$. Variabel terikat berupa kontras warna (ΔE) yang dianalisis berdasarkan model CIE L*a*b*. Optimasi kondisi pewarnaan dilakukan menggunakan *Response Surface Method* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design*, sementara afinitas kimia dikaji melalui *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanin mampu memberikan visibilitas pewarnaan yang baik pada jaringan tumbuhan, dengan nilai kontras warna (ΔE) tertinggi sebesar 60,8 pada konsentrasi 60 g/L dan waktu pewarnaan 60 menit. Penambahan mordan $Al_2(SO_4)_3$ meningkatkan stabilitas pewarnaan serta memperjelas diferensiasi beberapa jaringan tumbuhan, terutama kolenkim, parenkim, dan floem. Berdasarkan analisis RSM, kondisi optimum diprediksi pada konsentrasi tanin 44,2 g/L, mordan 110,5 g/L, dan waktu pewarnaan 73,6 detik. Analisis FTIR menunjukkan adanya perubahan intensitas dan pergeseran pita serapan yang mengindikasikan keterlibatan gugus hidroksil, gugus aromatik, dan gugus C–O dalam proses interaksi antara tanin, mordan, dan komponen jaringan tumbuhan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Pada jaringan hewan, tanin menghasilkan nilai ΔE sebesar 55,2 dan menunjukkan kemampuan membedakan struktur jaringan, terutama pada lapisan submukosa dan muscularis mucosa. Penggunaan $CaCO_3$ sebagai mordan menghasilkan kualitas pewarnaan dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan mordan lainnya. Analisis RSM memprediksi kondisi optimum pada konsentrasi tanin 75,8 g/L, waktu pewarnaan 69,7 detik, dan $CaCO_3$ 47,45 g/L. Analisis FTIR menunjukkan perubahan pada pita Amida I–II serta daerah C–O yang mengindikasikan adanya interaksi antara tanin, mordan, dan komponen protein jaringan. Namun demikian, jenis interaksi yang terbentuk belum dapat ditentukan secara definitif dan masih memerlukan konfirmasi menggunakan teknik karakterisasi yang lebih spesifik. Secara keseluruhan, tanin tingi menunjukkan afinitas yang baik terhadap komponen selulosa pada dinding sel tumbuhan dan protein kolagen pada jaringan hewan serta mampu membentuk kompleks yang stabil dengan dukungan penambahan ion logam sebagai mordan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanin berpotensi sebagai alternatif pewarna histologis alami yang efektif, stabil, dan aplikatif untuk pewarnaan jaringan tumbuhan maupun hewan. Namun, mengingat sistem pewarnaan yang digunakan masih melibatkan penambahan mordan, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi aspek keamanan, toksisitas, serta dampak terhadap kesehatan dan lingkungan guna memastikan keberlanjutan dan keamanan penggunaannya dalam aplikasi histologis.

Kata kunci: Afinitas, jaringan, pewarna alami, selektivitas, tanin, visibilitas

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Application of Natural Tannin Dye in Tissues: Visibility, Selectivity, Stability, and Affinity Characteristics

Abstract

Rasuane Noor
22/500901/SBI/00211

Doctoral Program of Biology, Faculty of Biology,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

The use of synthetic dyes in various fields, including histology, continues to increase because of their ability to produce bright and stable coloration. However, their application may pose adverse effects on human health and the environment, encouraging the development of natural dyes as more sustainable alternatives. Indonesia possesses abundant biological resources with potential as natural dyes, one of which is tannin derived from the mangrove species tingi (*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob.). Although several natural materials have been investigated as biological tissue stains, studies on their staining visibility, selectivity, stability, and affinity toward tissue components remain limited. This study evaluated the potential of *C. tagal* tannin as a natural histological stain for plant and animal tissues and determined its optimum staining conditions. Histological preparations of sunflower stems (*Helianthus annuus* L.) and rat colon tissues (Rattus norvegicus Berkenhout, 1769) were stained with tannin and compared with synthetic dyes as controls. The effects of tannin concentration, immersion time, and mordant concentration ($FeSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, and $CaCO_3$) were evaluated. Color contrast (ΔE) was analyzed using the CIE L*a*b* color model. Staining conditions were optimized using Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design, while chemical affinity was investigated using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). For plant tissues, tannin produced effective staining with a ΔE value of 60.8 at a tannin concentration of 60 g/L and an immersion time of 60 min. The addition of $Al_2(SO_4)_3$ improved staining stability and tissue differentiation, particularly in collenchyma, parenchyma, and phloem tissues. RSM predicted optimum conditions at 44.2 g/L tannin, 110.5 g/L mordant, and 73.6 s immersion time. FTIR analysis revealed changes in absorption bands associated with hydroxyl, aromatic, and C–O functional groups, indicating interactions between tannin, mordant, and plant tissue components. The presence of Al^{3+} was associated with enhanced staining affinity and stability, suggesting the formation of a more stable tissue–tannin–metal complex. For animal tissues, tannin staining yielded a ΔE value of 55.2 and showed high selectivity toward the submucosa and muscularis mucosa, with $CaCO_3$ providing the best staining performance. The optimum conditions predicted by RSM were 75.8 g/L tannin, 47.45 g/L $CaCO_3$, and 69.7 s immersion time. FTIR analysis revealed spectral changes in regions associated with hydroxyl, amide, and aromatic functional groups, indicating the involvement of protein components in the staining process. The presence of Ca^{2+} was associated with improved staining stability and visual quality, although the underlying mechanism requires further confirmation. Overall, *C. tagal* tannin exhibited strong affinity toward cellulose in

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Aplikasi Pewarna Alami Tanin Pada Jaringan: Karakteristik Visibilitas, Selektivitas, Stabilitas, dan Afinitas
Rasuane Noor, Dr. Maryani, M.Sc.; Prof. Dr. Bambang Retnoaji, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

plant cell walls and protein components in animal tissues and formed stable complexes with metal ions used as mordants. These findings demonstrate its potential as an effective, stable, and practical natural histological stain for both plant and animal tissues. However, further studies are needed to evaluate the safety, toxicity, and environmental implications of the mordant-assisted staining system to ensure its sustainable application in histology.

Keywords: affinity, tissue, natural dye, selectivity, tannin, visibility