

OPTIMASI FORMULA BIO-POLIURETAN NON-ISOSIANAT BERBASIS TANIN TERGLIOKSALASI SEBAGAI BAHAN IMPREGNAN SERAT RAMI

SITI AISYAH PUAN MAHARANI



**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimasi Formula Bio-Poliuretan Non-Isosianat Berbasis Tanin Terglioksalasi sebagai Bahan Impregnan Serat Rami” 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, Juli 2026

Siti Aisyah Puan Maharani
E2401221009



ABSTRAK

SITI AISYAH PUAN MAHARANI. Optimasi Formula Bio-Poliuretan Non-Isosianat Berbasis Tanin Terglioksalasi sebagai Bahan Impregnan Serat Rami. Dibimbing oleh RITA KARTIKA SARI dan MUHAMMAD ADLY RAHANDI LUBIS.

Rami (*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich.) berpotensi sebagai bahan tekstil fungsional, tetapi memiliki kelemahan mudah terbakar. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi formula bio-poliuretan non-isosianat berbasis tanin terglioksalasi (Bio-PUNI-TG) sebagai bahan impregnan serat rami menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) berbasis *Central Composite Design* (CCD). Faktor yang dioptimasi adalah glioksal dan heksametilentetramina (HMTA), dengan respon berupa kadar padatan, viskositas, kekuatan kohesi, dan kehilangan massa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik untuk kadar padatan, viskositas, kekuatan kohesi, dan kehilangan massa berturut-turut adalah model kubik tereduksi, kuadratik, kuadratik, dan kubik tereduksi. Formula optimum diperoleh pada komposisi glioksal 1,619 dan HMTA 80% 0,250 dengan nilai *desirability* 0,637, menghasilkan kadar padatan 26,96%, kehilangan massa 42,48%, pH bersifat netral menuju basa, dan kenampakan berwarna cokelat kehitaman. Analisis gugus fungsi menunjukkan keberadaan gugus O-H, C-H, C=O, N-H, C-N, dan C-O yang mengindikasikan terbentuknya struktur Bio-PUNI-TG.

Kata kunci: Bio-PUNI-TG, *Central Composite Design*, glioksal, mangium

ABSTRACT

SITI AISYAH PUAN MAHARANI. Optimization of a Non-Isocyanate Bio-Polyurethane Formula Based on Glyoxalated Tannin as an Impregnating Agent for Ramie Fibers. Supervised by RITA KARTIKA SARI and MUHAMMAD ADLY RAHANDI LUBIS.

Ramie (Boehmeria nivea (L.) Gaudich.) is a promising sustainable textile fiber but is highly flammable. This study optimized a tannin-based glyoxalated bio-non-isocyanate polyurethane (Bio-PUNI-TG) formulation as an impregnation agent for ramie fibers using Response Surface Methodology (RSM) based on a Central Composite Design (CCD). Glyoxal and hexamethylenetetramine (HMTA) were optimized using solid content, viscosity, cohesion strength, and mass loss as response variables. The best-fitting models for solid content, viscosity, cohesion strength, and mass loss were reduced cubic, quadratic, quadratic, and reduced cubic, respectively. The optimum formulation, containing 1.619 glyoxal and 0.250 of 80% HMTA, achieved a desirability of 0.637, with a solid content of 26.96%, mass loss of 42.48%, a near-neutral to slightly alkaline pH, and a dark brown appearance. Functional group characterization supported the formation of Bio-PUNI-TG through the characteristic O-H, C-H, C=O, N-H, C-N, and C-O functional groups.

Keywords: Bio-PUNI-TG, *Central Composite Design*, glyoxal, mangium



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.

© 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.

**OPTIMASI FORMULA BIO-POLIURETAN NON-ISOSIANAT
BERBASIS TANIN TERGLIOKSALASI SEBAGAI
BAHAN IMPREGNAN SERAT RAMI**

SITI AISYAH PUAN MAHARANI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ujang Suwarna, S.Hut., M.Sc.

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.

- 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.

Judul Skripsi : Optimasi Formula Bio-Poliuretan Non-Isosianat Berbasis Tanin
Terglioksalasi sebagai Bahan Impregnan Serat Rami
Nama : Siti Aisyah Puan Maharani
NIM : E2401221009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si.

Pembimbing 2:
Prof. Muhammad Adly Rahandi Lubis, Ph.D

Diketahui oleh

Ketua Departemen Hasil Hutan:
Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si.
NIP. 197404222005012001



Tanggal Ujian: 30 Juli 2026

Tanggal Lulus:

05 AUG 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2026 sampai bulan Mei 2026 ini ialah bahan impregnan serat rami, dengan judul “Optimasi Formula Bio-Poliuretan Non-Isosianat Berbasis Tanin Terglioksalasi sebagai Bahan Impregnan Serat Rami”.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan menyampaikan penghargaan kepada:

1. Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si. dan Prof. Muhammad Adly Rahandi Lubis, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan arahan, nasihat serta meluangkan waktu kepada penulis selama melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fengky Satria Yoresta, S.T., M.T. selaku ketua sidang, Bapak Dr. Ujang Suwarna, S.Hut., M.Sc. selaku dosen penguji, Bapak Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.F.Trop. selaku moderator seminar hasil, serta Ibu Anne Carolina, S.Si., M.Si. selaku moderator kolokium. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan tenaga kependidikan di Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University.
3. Keluarga penulis, yaitu Ayah Redy Supriyanto S, Ibu Susyeni, dan Adik Apriliani Nur Salaami yang selalu memberikan doa, semangat, serta kasih sayang kepada penulis.
4. Teman-teman yang hadir memberikan dukungan kepada penulis selama berkuliah hingga tugas akhir, yaitu Maulidhita Fawwaza, Nurmareta Istiqomah, Sindi Aprilianti, Nanditha Setyaningrum, Rami Rasminiwati, Dea Hardiyani, Rafa Nabilla Fawazly, Femmy Khoerunnisa, Indhira Zaghita, teman-teman bimbingan, yaitu Pricillia, Tamy, Davina, Fathir, dan Farid, yang telah memberikan semangat selama penyusunan skripsi.
5. Akang dan Teteh sebimbingan, yaitu Teh Hanna, Teh Awanda, dan Kang Richki yang telah membantu dalam proses penelitian dan memberikan motivasi.
6. Teman seperjuangan GARDAYAKSA dan seluruh teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu atas segala dukungan dan motivasi selama penulis berkuliah dan melaksanakan penelitian.

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

Bogor, Juli 2026

Siti Aisyah Puan Maharani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanin Kulit Kayu Mangium	5
2.2 Tanin Terglioksalasi	7
2.3 Bio-Poliuretan	7
2.4 Metode Optimasi Permukaan Respon (RSM)	8
METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	9
3.4 Analisis Data	15
HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Karakteristik Ekstrak Tanin	16
4.2 Karakteristik Bahan Baku Impregnan dan Tahapan Pembentukan Bio-PUNI-TG	17
4.3 Optimasi Formula Impregnan Bio-PUNI-TG	19
4.4 Gugus Fungsi Formula Impregnan Bio-PUNI-TG	20
4.5 Evaluasi dan Kelayakan Model RSM	23
4.6 Pemilihan Formula Terbaik	27
4.7 Karakteristik Formula Terbaik Bio-PUNI-TG	27
SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	42



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.

DAFTAR TABEL

1	Rancangan RSM-CCD formula	14
2	Karakteristik ekstrak tanin kulit kayu mangium	16
3	Karakteristik bahan baku Bio-PUNI-TG	17
4	Hasil evaluasi formula impregnan Bio-PUNI-TG	20
5	Model optimum setiap respon Bio-PUNI-TG	24
6	Solusi formula terbaik berdasarkan perancangan RSM	27

DAFTAR GAMBAR

1	Klasifikasi tanin (Fraga-Corral <i>et al.</i> 2021)	6
2	Pembentukan impregnan Bio-PUNI-TG (Putri 2025)	8
3	Diagram alir penelitian	9
4	Spektrum FTIR bahan baku Bio-PUNI-TG	18
5	Tahapan tanin terglioksalasi (TG) dan tanin terkarbonasi (TG-DMC)	19
6	Spektrum FTIR formula pada bilangan gelombang 4000-2500 cm^{-1}	21
7	Spektrum FTIR formula pada bilangan gelombang 2000-1500 cm^{-1}	22
8	Spektrum FTIR formula pada bilangan gelombang 1500-900 cm^{-1}	23
9	Kurva 3D model optimasi kadar padatan	25
10	Kurva 3D model optimasi viskositas (a) dan kekuatan kohesi (b)	25
11	Kurva 3D model optimasi kehilangan massa	26
12	Kenampakan formula terbaik dalam fasa cair (a) dan padat (b)	28
13	Spektrum FTIR formula terbaik Bio-PUNI-TG	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil ANOVA respon kadar padatan dengan model terpilih kubik tereduksi	39
2	Hasil ANOVA respon viskositas dengan model terpilih kuadratik	39
3	Hasil ANOVA respon kekuatan kohesi dengan model terpilih kuadratik	39
4	Hasil ANOVA respon kehilangan massa dengan model terpilih kubik tereduksi	40
5	Hasil <i>fit summary</i> respon kadar padatan	40
6	Hasil <i>fit summary</i> respon viskositas	40
7	Hasil <i>fit summary</i> respon kekuatan kohesi	41
8	Hasil <i>fit summary</i> respon kehilangan massa	41



@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.