



- 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.

REKAYASA PROSES *DEGUMMING* ENZIMATIS-ALKALI PADA SERAT RAMI UNTUK APLIKASI BAHAN BAKU TEKSTIL

FERY HAIDIR IRAWAN



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Rekayasa Proses *Degumming* Enzimatis-Alkali pada Serat Rami untuk Aplikasi Bahan Baku Tekstil” 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 tesis ini.

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

Bogor, Maret 2025

Fery Haidir Irawan
F3501231026

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 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.

RINGKASAN

FERY HAIDIR IRAWAN. Rekayasa Proses *Degumming* Enzimatis-Alkali pada Serat Rami untuk Aplikasi Bahan Baku Tekstil. Dibimbing oleh FARAH FAHMA dan LISMAN SURYANEGARA.

Berdasarkan sumber bahan bakunya, serat tekstil dikelompokkan menjadi serat sintetik dan serat alam. Umumnya, serat sintetik berasal dari turunan minyak bumi yang tidak terbarukan, sehingga sumber dayanya semakin terbatas. Sedangkan, serat alam umumnya berasal dari hewan dan tumbuhan yang dapat terbarukan. Serat kapas adalah salah satu serat alam yang memiliki karakteristik nyaman, dan dapat menyerap air dengan baik. Sifat kapas tersebut membuat permintaan pasar serat kapas semakin besar. Pasokan serat kapas di Indonesia didominasi 99% oleh pasokan impor dari berbagai negara. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi aktivitas industri tekstil nasional ketika ada kendala rantai pasok, sehingga dibutuhkan alternatif serat alam lainnya. Serat rami (*Boehmeria nivea L. Gaud*) berpotensi sebagai alternatif serat kapas yang memiliki keunggulan seperti kekuatan, tekstur, dan warna yang baik sehingga berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan impor serat kapas. Namun, serat rami memiliki kandungan gum seperti lignin, hemiselulosa, pektin, wax, dan komponen lainnya yang lebih tinggi dibandingkan serat kapas, sehingga dapat menurunkan kualitasnya sebagai serat tekstil.

Proses penghilangan atau pengurangan gum pada serat rami disebut sebagai proses *degumming*. Secara umum *degumming* dapat dilakukan secara fisik, kimiawi, biologi, atau gabungan diantara metode tersebut. Metode secara fisik dapat dilakukan dengan cepat. *Degumming* secara kimiawi dapat menghilangkan gum secara efektif. Sedangkan secara enzimatis ramah lingkungan dan hemat energi. Namun setiap metode memiliki kelemahan seperti metode secara fisik, dan biologi belum optimal dalam penghilangan gum. Sedangkan, secara kimiawi menghasilkan limbah yang berbahaya untuk lingkungan. Selain itu, berdasarkan tinjauan lapangan, banyak limbah serat kusut yang dihasilkan yang disebabkan salah satunya karena penghilangan gum serat rami yang belum optimal, sehingga *Yield* yang diperoleh dari bahan baku awal tanaman rami menjadi lebih rendah yaitu sekitar 5%. Hal tersebut menunjukkan perlunya strategi *degumming* yang lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi proses ekstraksi serat rami melalui *pre-treatment* ultrasonikasi, *degumming* enzimatis, dan alkali, baik proses yang dilakukan secara tunggal maupun kombinasi, serta menganalisis karakteristik fisik dan kimia dari serat yang dihasilkan.

Metode *degumming* pada penelitian ini melibatkan tiga pendekatan utama yaitu enzimatis, alkali, dan kombinasi keduanya yang diawali dengan *pre-treatment* ultrasonikasi. Sebanyak 50 gram serat rami mentah direndam dalam akuades dengan rasio 1:20 (B/B) dan diproses dengan sonikasi pada frekuensi 42 kHz selama 30 menit pada suhu 40 °C. *Degumming* alkali dilakukan dengan merendam serat dalam larutan NaOH berkonsentrasi 3% dan 4% pada suhu 90 °C dengan rasio serat dan larutan 1:20 (B/B) selama 60, 90, dan 120 menit. *Degumming* enzimatis dilakukan dengan merendam serat dengan rasio serat dan larutan 1:10 (B/B) dalam



larutan enzim dengan konsentrasi campuran enzim pektinase dan xilanase sebanyak 2% dari berat serat rami. Serat diinkubasi pada suhu 30 °C dan 40 °C dengan variasi waktu 24, 48, dan 72 jam. *Degumming* kombinasi mengawali proses dengan perlakuan enzimatis pada suhu 30°C selama 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan *degumming* alkali menggunakan konsentrasi NaOH 1% dengan variasi waktu 30, 40, dan 60 menit, serta diakhiri dengan proses pemutihan menggunakan larutan hidrogen peroksida pada suhu 90 °C selama 60 menit.

Karakterisasi serat rami mencakup pengujian sifat fisik dan kimia, termasuk analisis kuat tarik, rendemen, gum residu, kehalusan serat (*fineness*), dan indeks putih. Analisis kimia meliputi identifikasi gugus fungsi dengan *Fourier transform infrared spectroscopy* (FT-IR), analisis struktur kristal selulosa dengan *X-Ray diffraction* (XRD), serta komposisi lignoselulosa menggunakan metode Van Soest.

Efek kavitasi dari ultrasonikasi mengganggu struktur ikatan lignoselulosa serat rami secara fisik sehingga terdapat pengurangan gum residu. Selain itu, *pre-treatment* ultrasonikasi memperluas area permukaan serat rami yang dapat meningkatkan efektivitas *degumming*. Proses menggunakan alkali menunjukkan penghilangan gum yang paling efektif, dan peningkatan komposisi selulosa yang paling tinggi. Konsentrasi yang lebih tinggi dan waktu proses yang lebih lama dapat menurunkan gum residu dan *fineness* yang semakin baik, namun dapat menurunkan kuat tarik serat rami. Walaupun serat rami *degumming* enzimatis menunjukkan penghilangan gum yang lebih sedikit dibandingkan serat rami yang diproses menggunakan alkali, tetapi menghasilkan kuat tarik yang lebih baik, dan nilai indeks putih yang menyerupai. Selain itu, perlakuan enzimatis memberikan permukaan serat rami yang lebih beragam dibandingkan dengan perlakuan alkali pada pengamatan morfologi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali.

Berdasarkan indeks efektivitas *degumming*, perlakuan kombinasi dengan perlakuan enzimatis pada suhu 30 °C selama 24 jam yang diikuti dengan *degumming* alkali 1% selama 40 menit menghasilkan serat rami terbaik dengan hasil pengukuran gum residu (8,72%), rendemen (75,95%), kuat tarik (1564,82 MPa), *fineness* (1,17 tex), dan indeks putih (53,08%). *Degumming* kombinasi juga meningkatkan derajat kristalinitas berdasarkan hingga 48,28%. Pertimbangan efisiensi energi, dan sifat fisik serta mekanis yang tidak berbeda nyata, kombinasi *degumming* enzimatis selama 24 jam dengan *degumming* alkali 1% selama 30 menit adalah metode optimal untuk meningkatkan kualitas serat rami sebagai bahan baku tekstil. Pengurangan jumlah penggunaan alkali hingga 75% pada *degumming* kombinasi dapat menurunkan potensi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi penggunaan air pada *degumming* serat rami.

Kata kunci: Proses Biokimia, *Degumming*, Lignoselulosa, Serat Rami, Tekstil Berkelanjutan.

SUMMARY

FERY HAIDIR IRAWAN. *Engineering of Degumming Enzymatic-Alkaline Process of Ramie Fiber for Textile Materials Application.* Supervised by FARAH FAHMA, and LISMAN SURYANEGARA.

Based on their raw material sources, textile fibers are classified into synthetic and natural fibers. In general, synthetic fibers are derived from non-renewable petroleum-based resources, which are becoming increasingly limited. In contrast, natural fibers are typically sourced from animals or plants and are considered renewable. Cotton fiber is one of the most widely used natural fibers due to its comfortable texture and high water absorbency. These favorable properties have led to increasing market demand for cotton. In Indonesia, cotton fiber supply is predominantly dependent on imports, accounting for approximately 99% of the total supply. This high import dependency poses a significant risk to the national textile industry in the event of supply chain disruptions. Therefore, alternative natural fibers are needed to ensure sustainable fiber availability. Ramie fiber (Boehmeria nivea L. Gaud) presents a promising alternative to cotton, offering advantageous properties such as high tensile strength, good texture, and aesthetic whiteness, thereby contributing to the reduction of import dependency. However, ramie fibers contain a higher proportion of non-cellulosic gummy substances including lignin, hemicellulose, pectin, waxes, and other components compared to cotton, which can negatively affect their quality as textile fibers.

The process of removing or reducing gum from ramie fiber is referred to as degumming. In general, degumming can be performed using physical, chemical, biological, or a combination of these methods. Physical methods offer fast processing times, while chemical degumming effectively removes gum. Enzymatic degumming, on the other hand, is environmentally friendly and energy-efficient. However, each method has its limitations such as physical and biological approaches are often suboptimal in gum removal, while chemical methods generate hazardous waste that poses environmental concerns. Field observations in ramie fiber small industries have revealed the generation of substantial tangled fiber waste, primarily due to inefficient degumming of ramie fibers. This results in a low fiber yield from the raw ramie plant, with recovery rates reaching only around 5%. These findings highlight the need for a more effective, efficient, and environmentally benign degumming strategy.

Therefore, this study aims to evaluate the extraction process of ramie fibers through ultrasonic pre-treatment, enzymatic degumming, and alkaline treatment both individually and in combination as well as to analyze the resulting fibers' physical and chemical characteristics. The degumming methods in this study employed three methods such as enzymatic, alkaline, and a combination of both, all initiated with ultrasonic pre-treatment. A total of 50 grams of raw ramie fiber was soaked in distilled water at a fiber-to-liquid ratio of 1:20 (W/W) and sonicated at a frequency of 42 kHz for 30 minutes at 40 °C. Alkaline degumming was carried out by immersing the fibers in 3% and 4% NaOH solutions at 90 °C for 60, 90, and 120 minutes, using a fiber-to-solution ratio of 1:20 (W/W). Enzymatic degumming was



conducted by immersing the fibers in a solution of pectinase and xylanase enzymes at a combined concentration of 2% (W/W), with a fiber-to-solution ratio of 1:10 (W/W), and incubated at 30 °C and 40 °C for 24, 48, and 72 hours. The combined degumming process began with enzymatic treatment at 30 °C for 24 hours, followed by alkaline degumming using 1% NaOH for 30, 40, and 60 minutes, and concluded with a bleaching step using hydrogen peroxide solution at 90 °C for 60 minutes.

Ramie fibers were characterized based on both physical and chemical properties, including tensile strength, yield, residual gum content, fiber fineness, and whiteness index. Chemical analyses included functional group identification using Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), crystalline structure analysis using X-ray diffraction (XRD), and lignocellulosic composition analysis using the Van Soest method.

The cavitation effect of ultrasonic pre-treatment physically disrupted lignocellulosic bonds in the ramie fibers, thereby reducing residual gum content. In addition, ultrasonic pre-treatment increased the surface area of the fibers, improving degumming efficiency. Alkaline degumming resulted in the most effective gum removal and the highest increase in cellulose composition. Higher alkali concentrations and longer treatment durations reduced residual gum and improved fiber fineness, but they also led to a decrease in tensile strength. Although enzymatically degummed ramie fibers showed lower gum removal than those treated with alkali, they exhibited better tensile strength and a comparable whiteness index. Moreover, morphological observations revealed that the enzymatic treatment produced more uniform fiber surfaces than the alkaline treatment.

Based on the degumming effectiveness index, the combined treatment consisting of enzymatic degumming at 30 °C for 24 hours followed by 1% alkaline degumming for 40 minutes produced the best-quality ramie fiber, with measured values of residual gum (8.72%), yield (75.95%), tensile strength (1564.82 MPa), fineness (1.17 tex), and whiteness index (53.08%). This combined degumming treatment also increased the degree of crystallinity to 48.28%. Considering energy efficiency and the absence of significant differences in physical and mechanical properties, the combination of enzymatic degumming for 24 hours and 1% alkaline degumming for 30 minutes is considered the optimal method to improve the quality of ramie fiber as a textile raw material. The reduction of alkali concentration by up to 75% in the combined degumming process can lower the potential environmental impact and improve water use efficiency in ramie fiber degumming.

Keywords: Bio-chemical Process, Degumming, Lignocellulose, Ramie Fiber, Sustainable Textiles.



@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.



@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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
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.



@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.



REKAYASA PROSES *DEGUMMING* ENZIMATIS-ALKALI PADA SERAT RAMI UNTUK APLIKASI BAHAN BAKU TEKSTIL

FERY HAIDIR IRAWAN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.

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 Tesis : Rekayasa Proses *Degumming* Enzimatis-Alkali pada Serat Rami untuk Aplikasi Bahan Baku Tekstil

Nama : Fery Haidir Irawan

NIM : F3501231026

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Farah Fahma, S.T.P, M.T

Pembimbing 2:

Dr. Lisman Suryanegara, S.Si, M.Agr



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, M.S

NIP 195805211982112001

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr

NIP 196105021986031002



Tanggal Ujian:
25 Maret 2025

Tanggal Lulus:



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 Mei 2024 sampai bulan Desember 2025 ini ialah pemurnian serat selulosa, dengan judul “Rekayasa Proses *Degumming* Enzimatis-Alkali pada Serat Rami untuk Aplikasi Bahan Baku Tekstil”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Farah Fahma, S.T.P, M.T dan Dr. Lisman Suryanegara yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada beasiswa Program Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) dan Kemendiktisaintek yang telah memberikan dana penelitian dan pendidikan. Penulis juga disampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) khususnya kepada Dr. Lisman Suryanegara dari Deputi Infrastruktur Riset dan Inovasi, Dr. Eng. Nanik Rahmani dari Pusat Riset Mikrobiologi Terapan yang telah memberikan fasilitas analisa untuk penelitian ini, serta kepada Dr. Rini Purnawati, S.T.P, M.Si, Afrinal Firmada, S.T.P, M.T, dan Ika Atsari Dewi, S.T.P, MP, teman sejawat dan staf laboratorium yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga tersayang Mamah, Bapak, Ayah, Bunda, Nenek, Jiddah serta Istri, dan anak - anak tercinta Lulu, Muzayyan, dan Asiyah yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

Bogor, Maret 2025

Fery Haidir Irawan



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Hipotesis	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Serat Alam untuk Tekstil	4
2.2 <i>Pre-Treatment</i> Ultrasonikasi	5
2.3 <i>Degumming</i> Enzimatis	6
2.4 <i>Degumming</i> Alkali	7
III METODE	8
3.1 Kerangka Penelitian	8
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.3 Alat dan Bahan	8
3.4 Prosedur Kerja	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Efek <i>Pre-treatment</i> Ultrasonikasi pada Serat Rami	17
4.2 Efek <i>Degumming</i> Alkali pada Serat Rami	20
4.3 Efek <i>Degumming</i> Enzimatis pada Serat Rami	25
4.4 Efek <i>Degumming</i> Kombinasi (Enzimatis-alkali) pada Serat Rami	30
4.5 Karakterisasi Serat Rami <i>Degumming</i>	33
4.6 Efektivitas <i>Degumming</i> Serat Rami	35
V SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	47
RIWAYAT HIDUP	61



DAFTAR TABEL

1	Hasil analisis <i>pre-treatment</i> ultrasonikasi terhadap serat rami	19
2	Hasil analisis <i>degumming</i> alkali pada serat rami ter-ultrasonikasi	22
3	Hasil analisis <i>degumming</i> enzimatis pada serat rami ter-ultrasonikasi	27
4	Hasil analisis <i>degumming</i> kombinasi (enzimatis-alkali) pada serat rami ter-ultrasonikasi	30
5	Analisis komposisi kimia dan derajat kristalinitas selulosa serat rami <i>degumming</i>	34
6	Nilai indeks efektivitas <i>degumming</i> serat rami	37

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 GAMBAR

1	Klasifikasi serat alam	4
2	Kerangka Penelitian	9
3	Matriks tahapan penelitian	10
4	Tahapan ultrasonikasi serat rami	10
5	Tahapan <i>degumming</i> alkali serat rami	11
6	Tahapan <i>degumming</i> enzimatis serat rami	12
7	Tahapan <i>degumming</i> enzimatis-alkali pada serat rami	12
8	Mekanisme <i>pre-treatment degumming</i> ultrasonikasi pada serat rami	18
9	Morfologi single fiber (a) serat rami ter-dekortikasi, (b) serat rami ter-ultrasonikasi	20
10	Morfologi serat <i>degumming</i> alkali (a) K3T60NB, (b) K3T90NB, (c) K3T120NB, (d) K3T60B, (e) K3T90B, (f) K3T120B, (g) K4T60NB, (h) K4T90NB, (i) K4T120NB, (j) K4T60B, (k) K4T90B, (l) K4T120B	23
11	Pengaruh <i>bleaching</i> pada serat <i>degumming</i> rami terhadap sifat (a) gum residu, (b) <i>fineness</i> , (c) kuat tarik, (d) rendemen	24
12	Mekanisme reaksi kimia enzim (a-b) pektinase, (c) xilanase	25
13	Morfologi serat <i>degumming</i> enzimatis (a) C30T24NB, (b) C30T48NB, (c) C30T72NB, (d) C30T24B, (e) C30T48B, (f) C30T72B, (g) C40T24NB, (h) C40T48NB, (i) C40T72NB, (j) C40T24B, (C) C40T48B, (l) C40T72B	28
14	Pengaruh <i>bleaching</i> pada serat <i>degumming</i> rami terhadap sifat (a) gum residu, (b) <i>fineness</i> , (c) kuat tarik, (d) rendemen	29
15	Morfologi serat <i>degumming</i> kombinasi tanpa <i>bleaching</i> dengan proses <i>degumming</i> (a) 30 menit, (b) 40 menit, dan (c) 60 menit, dan <i>bleaching</i> dengan proses (d) 30 menit, (e) 40 menit, (f) 60 menit.	32
16	Pengaruh <i>bleaching</i> pada serat rami <i>degumming</i> kombinasi terhadap sifat (a) gum residu, (b) <i>fineness</i> , (c) kuat tarik, (d) rendemen	32
17	Profil FT-IR serat <i>degumming</i> rami	33
18	Profil XRD dan indeks kristalinitas serat rami <i>degumming</i>	35



DAFTAR LAMPIRAN

1	Analisis <i>independent-paired t-test</i> serat ter-ultrasonikasi	47
2	Analisis ragam beberapa parameter <i>degumming</i> alkali	48
3	Analisis ragam <i>degumming</i> enzimatis	50
4	Analisis ragam <i>degumming</i> kombinasi (enzimatis-alkali)	53
5	Fotografi serat rami mentah dan ter-ultrasonikasi	55
6	Fotografi serat rami <i>degumming</i> alkali	56
7	Fotografi serat rami <i>degumming</i> enzimatis	57
8	Fotografi serat rami <i>degumming</i> kombinasi	58
9	Perhitungan nilai indeks efektivitas	59

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 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.