



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**FIBRILASI SERAT RAMI (*BOEHMERIA NIVEA*) DENGAN
TEKNIK LEDAKAN UAP**

PROYEK AKHIR

ARYA SETYA SURYA SAPUTRA

40040221650094

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

NOVEMBER 2025



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**FIBRILASI SERAT RAMI (*BOEHMERIA NIVEA*) DENGAN
TEKNIK LEDAKAN UAP**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

**ARYA SETYA SURYA SAPUTRA
40040221650094**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

NOVEMBER 2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Arya Setya Surya Saputra

NIM : 40040221650094

Tanda Tangan :



Tanggal : 18 November 2025



SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 440/PA/RPM/III/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

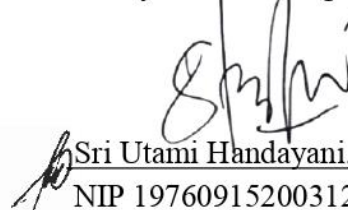
Nama : Arya Setya Surya Saputra
NIM : 40040221650094
Judul Proyek Akhir : Fibrilasi Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Dengan
Teknik Ledakan Uap.
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
NIP : 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Menyiapkan serat rami skala makro.
2. Melakukan perlakuan serat rami dengan perlakuan fisik, kimia dan mekanik.
3. Melaksnakan fibrilasi serat rami ke skala nano dengan teknik putaran tinggi dan ledakan uap.
4. Melakukan pengujian serat berukuran nano dengan pengujian SEM.
5. Menghasilkan luaran manuskrip publikasi.
6. Menyusun laporan.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 12 Februari 2025
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh:

NAMA : Arya Setya Surya Saputra
NIM : 40040221650094
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Fibrilasi Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Dengan Teknik Ledakan Uap.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
Penguji I : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
Penguji II : Alaya Fadlu HM, S.T., M.Eng.
Penguji III : Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes.



Semarang, 18 November 2025

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arya Setya Surya Saputra
NIM : 40040221650094
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Fibrilasi Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Dengan Teknik Ledakan Uap.”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 18 November 2025

Yang menyatakan



Arya Setya Surya Saputra

MOTTO

“Selalu ada harga dalam sebuah proses, nikmati saja lelah-lelah ini. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan.”

- **Boy Candra**

“Hidup tidak akan selalu berjalan dengan baik. Saat kamu menangis, belum tentu akan ada yang memelukmu. Saat kamu kehilangan arah, belum tentu akan ada yang merangkulmu. Jadi, ketika kamu merasa bahwa dunia tidak adil, sebenarnya tidak. Tuhan hanya ingin melihat kamu berperan dalam do’a, usaha dan kebaikanmu.”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yesus yang telah memberikan berkat dan penyertaan-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul “Fibrilasi Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Dengan Teknik Ledakan Uap.” dengan baik.

Penyusunan laporan proyek akhir ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiono, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Sri Utami Handayani S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang, dan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Dr. Seno Darmanto S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing penulis dalam pelaksanaan penelitian dan laporan proyek akhir.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
5. Kedua orang tua saya, Bapak dan Mama yang sujud dan doanya selalu mencakar langit. Meski tak pernah merasakan bangku kuliah, tetapi mereka mampu membimbing saya hingga ke jalan sarjana, mematangkan pola pikir, menambah wawasan dan merancang masa depan yang lebih baik.

6. Teman-teman Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2021 yang selalu ada disaat saya butuh teman berbagi cerita serta selalu memberikan dukungan dan motivasi selama menjalani proses tugas akhir.
7. Sahabat saya Divarin Puspa Ayu yang selalu senantiasa mendengarkan keluh kesah saya selama menjalani proses tugas akhir serta memberi dukungan dan motivasi kepada saya.
8. Sahabat-sahabat SMP saya Nabila, Zitka, Syalita dan Ryan terima kasih karena selalu ada di saat saya butuh teman cerita dan selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk terus semangat. Tanpa kalian tugas akhir saya tidak berarti.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Aamiin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 18 November 2025



Arya Setya Surya Saputra

ABSTRAKSI

FIBRILASI SERAT RAMI (*BOEHMERIA NIVEA*) DENGAN TEKNIK LEDAKAN UAP.

Serat rami merupakan salah satu material alam yang memiliki potensi tinggi dalam pengembangan komposit berbasis polimer karena sifat mekaniknya yang baik dan kemampuan terdegradasi secara hayati. Penelitian ini mengkaji metode pengolahan mekanik yang mengkombinasikan teknik putaran tinggi dan ledakan uap untuk menghasilkan serat rami terfibrilasi hingga skala nano. Berbagai parameter perlakuan, seperti kecepatan putaran, jumlah siklus ledakan uap, dan durasi proses. Serat di dalam tabung perlakuan putaran diaduk secara intensif oleh mata pisau dengan berkecepatan tinggi untuk memaksimalkan proses fibrilasi. Dilanjutkan dengan perlakuan ledakan bertekanan tinggi. Serat yang telah dilakukan perlakuan akan diuji menggunakan Scanning electron microscope (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ini mampu meningkatkan disintegrasi serat secara signifikan, menghasilkan derajat modifikasi morfologi serat yang signifikan. Dari pengujian yang dilakukan didapat bahwa perlakuan putaran tinggi dan ledakan uap dengan putaran 10.000 rpm dan 11.000 rpm selama waktu 90 - 120 menit dengan variasi tekanan 4 bar perlakuan 25x(kali) ledakan dengan waktu setiap ledakan selama 120 detik, menghasilkan serat nanosize berkisar antara 0.038 – 0,085 μm atau 38 – 85 nanometer..

Kata kunci : fibrilasi, serat rami, ledakan uap.

ABSTRACT

FIBRILLATION OF RAMIE FIBERS (BOEHMERIA NIVEA) USING STEAM EXPLOSION TECHNIQUE.

Ramie fiber is a natural material with high potential for the development of polymer-based composites due to its excellent mechanical properties and biodegradability. This study investigates a mechanical processing method that combines high-speed rotation and steam explosion to produce fibrillated ramie fibers at the nanoscale. Several processing parameters—including rotational speed, the number of steam-explosion cycles, and treatment duration—were varied to optimize the fibrillation outcome. Within the rotating treatment chamber, the fibers were intensively agitated by high-speed blades to maximize fibrillation, followed by high-pressure steam-explosion treatment. The processed fibers were then examined using a Scanning Electron Microscope (SEM). The results indicate that this combined method significantly enhances fiber disintegration and induces substantial morphological modification. Experimental findings show that high-speed rotation and steam-explosion treatment at 10,000 rpm and 11,000 rpm for 90–120 minutes, with a pressure of 4 bar and 25 explosion cycles of 120 seconds each, successfully produced nanosized fibers ranging from 0.038 to 0.085 μm (38–85 nm).

Keywords : *fibrillation, ramie fiber, steam explosion.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAKSI	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SIMBOL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Luaran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Serat Rami	5
2.2. Fibrilasi Serat Alam Skala Nanometer.....	5
2.2.1. Peningkatan Luas Permukaan	6
2.2.2. Distribusi yang Lebih Merata.....	6
2.2.3. Peningkatan Sifat Mekanik	6
2.2.4. Peningkatan Ketahanan terhadap Air dan Regradasi	7
2.3. Aplikasi Perlakuan Fisik Awal untuk Proses Fibrilasi.....	7
2.4. Aplikasi Perlakuan Kimia untuk Proses Fibrilasi	8
2.5. Perlakuan Alkali	8

2.6. Kandungan Kimia Serat Alam	9
2.6.2. Selulosa	9
2.6.3. Struktur Selulosa	9
2.6.4. Sumber Selulosa	10
2.6.5. Lignin.....	11
2.7. Fibrilasi Selulosa	12
2.8. Aplikasi Perlakuan Mekanik untuk Proses Fibrilasi	13
2.9. Perlakuan Fisik untuk Fibrilasi Serat Alam	14
2.10. Perlakuan Kimia untuk Fibrilasi Serat Alam	14
2.11. Perlakuan Mekanik untuk Fibrilasi Serat Alam	15
2.12. <i>Scanning Electromagnetic Microscope</i> (SEM).....	16
2.13. Komposit	16
2.14. Karakteristik Komposit	17
2.15. Klasifikasi Komposit.....	18
BAB III METODE PELAKSANAAN	21
3.1. Diagram Alir Penelitian	21
3.2. Pembuatan Spesimen.....	23
3.2.1. Serat Rami	23
3.2.2. Karakteristik Serat Rami	24
3.3. Perlakuan Bahan.....	24
3.3.1. Perlakuan Fisik.....	26
3.3.2. Perlakuan Kimia	30
3.3.3. Perlakuan Mekanik.....	35
3.4. Mesin Putaran Tinggi (<i>High-Speed Stirring</i>)	36
3.4.1. Spesifikasi Mesin <i>High-Speed Stirring</i>	37
3.4.2. Prosedur Penggunaan Mesin <i>High-Speed Stirring</i>	37
3.5. Perhitungan Mesin <i>High-Speed Stirring</i> saat Beroperasi.....	38
3.5.1. Luas Penampang Mata Potong (Ac).....	38
3.5.2. Kecepatan Pisau (v)	38
3.5.3. Tekanan yang Bekerja Pada Mata Potong (p).....	38
3.5.4. Volume Poros.....	39
3.5.5. Torsi Yang Dihasilkan Mata Pisau (T)	39

3.6. Pemeriksaan Fisik Peralatan dan Komponen	39
3.7. Mesin Ledakan Uap (<i>Steam Explosion</i>)	43
3.7.1. Alat dan bahan.....	44
3.7.2. Mekanisme Prinsip Ledakan Uap	48
3.7.3. Tahapan Ledakan Uap.....	51
3.7.4. Spesifikasi Mesin <i>Steam Explosion</i>	53
3.8. Prosedur Pengujian.....	53
3.8.1. Pemisahan Serat Rami.....	53
3.8.2. Perlakuan Putaran Tinggi	54
3.8.3. Perlakuan Ledakan Uap	55
3.9. Karakterisasi Pengujian.....	55
3.9.1. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	55
3.9.2. Pemilihan Spesimen untuk Uji SEM.....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1. Hasil dan Pembahasan Perlakuan Penyisiran.....	57
4.1.1. Karakteristik Serat Setelah Dilakukan Penyisiran	57
4.1.2. Analisa Hasil Perlakuan Penyisiran	58
4.2. Hasil dan Pembahasan Perlakuan Alkali.....	58
4.2.1. Karakteristik Serat Setelah Perlakuan Alkali	58
4.2.2. Analisa Hasil Perlakuan Alkali	59
4.3. Hasil dan Pembahasan Perlakuan <i>High Speed Stirring</i>	60
4.3.1. Karakterisasi Visual Setelah Perlakuan <i>High Speed Stirring</i>	61
4.3.2. Hasil Proses Penyaringan	61
4.4. Hasil dan Pembahasan Perlakuan <i>Steam Explosion</i>	62
4.4.1. Karakterisasi Visual Setelah Perlakuan <i>Steam Explosion</i>	63
4.4.2. Pengaruh Perlakuan Awal (Kimiawi) terhadap Dispersi Akhir	63
4.4.3. Pengamatan Hasil Akhir <i>Steam Explosion</i> dan Ukuran Partikel.....	64
4.5. Analisa <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	65
4.5.1. Hasil Analisa SEM Perlakuan Putaran 10.000 Rpm Selama 90 Menit Variasi Tekanan 4 bar.....	65
4.5.2. Hasil Analisa SEM Perlakuan Putaran 11.000 Rpm Selama 120 Menit Variasi Tekanan 4 bar.....	66

4.6. Perhitungan Pada Mesin <i>High Speed Stirring</i>	67
4.6.1. Perhitungan Torsi	67
4.6.2. Tekanan Yang Dihasilkan Mata Pisau 8 Sudu	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	xx
Lampiran 1. Perlakuan Penyisiran	xx
Lampiran 2. Perlakuan Kimia	xx
Lampiran 3. Perlakuan Putaran Tinggi	xx
Lampiran 4. Perlakuan Ledakan Uap.....	xxi
Lampiran 5. Hasil Analisa SEM Perlakuan 10.000 RPM selama 90 Menit Variasi Tekanan 4 Bar	xxii
Lampiran 6. Hasil Analisa SEM Perlakuan 11.000 RPM Selama 120 Menit Variasi Tekanan 4 Bar	xxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Selulosa.....	10
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	22
Gambar 3.2 Serat Rami	23
Gambar 3.3 Penyisiran serat	27
Gambar 3.4 Serat yang sudah dilakukan penyisiran.....	27
Gambar 3.5 Gunting	28
Gambar 3.6 Sikat baja	29
Gambar 3.7 Plastik klip	29
Gambar 3.8 Kertas label	30
Gambar 3.9 Timbangan digital.....	31
Gambar 3.10 Gelas Ukur	31
Gambar 3.11 Thinwall.....	32
Gambar 3.12 Natrium Hidroksida	32
Gambar 3.13 Menimbang serat	33
Gambar 3.14 Menimbang NaOH.....	33
Gambar 3.15 Perendaman serat menggunakan NaOH	34
Gambar 3.16 Pengeringan serat.....	35
Gambar 3.17 Mesin putaran tinggi	36
Gambar 3.18 Inverter GD20-1R5G-S2	39
Gambar 3.19 MCB (Miniatur Circuit Breaker)	40
Gambar 3.20 Motor Listrik DC (Arus Searah).....	41
Gambar 3.21 Mata Pisau	42
Gambar 3.22 Mesin ledakan uap.	44
Gambar 3.23 <i>Boiler Laundry</i>	45
Gambar 3.24 <i>Wadah penampung serat</i>	45
Gambar 3.25 <i>Wadah spesimen silindris dengan selimut wire mesh</i>	46
Gambar 3. 26 Spesimen serat rami	47
Gambar 3.27 Sarung tangan	47
Gambar 3.28 Tang	48
Gambar 3.29 Proses pembentukan uap pada boiler mini	48

Gambar 3.30 Tahap penahanan tekanan (holding time) pada tangki ledakan uap	49
Gambar 3.31 Tahap pelepasan tekanan	50
Gambar 3.32 Memasukkan wadah penampung serat ke dalam wadah spesimen	51
Gambar 3.33 Memastikan posisi wadah spesimen dalam keadaan stabil	52
Gambar 3.34 Uap bertekanan mencapai suhu 4 bar	52
Gambar 3.35 Serat rami ukuran 2 mm	54
Gambar 3.36 Persiapan serat untuk proses putaran tinggi.....	54
Gambar 3.37 (a) sampel pada perlakuan putaran tinggi. (b) dimasukkan ke dalam wadah penampung serat.	55
Gambar 3.38 Prinsip kerja SEM.....	56
Gambar 3.39 Spesimen serat alam yang sudah di fibril.	58
Gambar 4.1 (a) Serat yang belum dilakukan penyisiran, (b) serat yang sudah dilakukan penyisiran.....	57
Gambar 4.2 (a) Serat yang sedang direndam NaOH, (b) serat setelah dilakukan perlakuan alkali dan dikeringkan.	58
Gambar 4.3 Hasil spesimen perlakuan putaran tinggi (a) 10.000 rpm, 90 menit (b) 11.000 rpm, 120 menit.	60
Gambar 4.4 Hasil saring spesimen perlakuan putaran tinggi (a) 10.000 rpm, 90 menit (b) 11.000 rpm, 120 menit.	62
Gambar 4.5 Hasil serat rami setelah dilakukan perlakuan ledakan uap (a) 10000 rpm, 90 menit, variasi tekanan 4 bar. (b) 11000 rpm, 120 menit, variasi tekanan 4 bar.....	62
Gambar 4. 6 Hasil spesimen serat halus yang telah dipisahkan setelah perlakuan High-Speed Stirring dan Steam Explosion (a) 10000 rpm, 90 menit, variasi tekanan 4 bar. (b) 11000 rpm, 120 menit, variasi tekanan 4 bar.	64
Gambar 4.7 Hasil pengujian SEM perlakuan putaran 10000 rpm dengan waktu 90 menit variasi tekanan 4 bar. pembesaran (a) 3000x ; (b) 5000x ; (c) 10000x ; (d) 15000x.....	65
Gambar 4.8 Hasil pengujian SEM perlakuan putaran 11000 rpm dengan waktu 120 menit variasi tekanan 4 bar. pembesaran (a) 3000x ; (b) 5000x ; (c) 10000x ; (d) 15000x.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin <i>high speed stirring</i>	37
Tabel 3.2 Spesifikasi mesin <i>Steam Explosion</i>	53

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama Kali Muncul di Halaman
Dporos	Diameter Poros (m)	68
Dpisau	Panjang Pisau (m)	68
ℓ	Panjang Poros (m)	68
t	Tinggi Tabung (m)	68
r	Jari-jari (m)	68
Ac	Luas Penampang Pisau (m ²)	68
V	Volume (m ³)	69
ρ	Massa Jenis (kg/m ³)	69
I	Momen Inersia (kg·m ²)	69
Np	Putaran per Menit (RPM)	69
ω	Kecepatan Sudut (rad/s)	70
v	Kecepatan Linier (m/s)	70
P	Daya (Watt)	70
T	Torsi (Nm)	70
P	Tekanan Dinamis (Pa)	70