



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**PENGARUH VARIASI ASAM LEMAK TERHADAP SIFAT
HIDROFOBİK SELULOOSA MIKROKRISTAL DARI
BIOMASSA AMPAS TEBU SEBAGAI
FILLER ROMPI ANTIPELURU**

RAVANIA ZACKEISHA RUSTAMA NIM. 320210303020

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI KIMIA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Ravana Zacheisha Rustama
NIM : 320210303020
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam Militer
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Asam Lemak
terhadap Sifat Hidrofobik Selulosa
Mikrokristal dari Biomassa Ampas
Tebu sebagai Filler Rompi Antipeluru

Dosen Pembimbing I,



Tedi Kurniadi, M.Si
NIDN. 4710117501

Tanggal:

Dosen Pembimbing II,



Anggi Khairina H.H, M.Si.
NIP.199111032022032022

Tanggal:

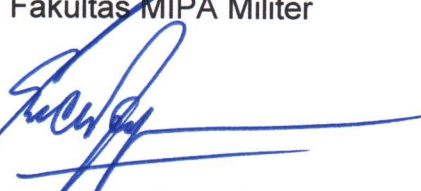
Mengetahui,

Kepala
Program Studi Kimia



Dr. Gunaryo, S.T., M.T
Kolonel Tek NRP. 524384
Tanggal:

Dekan
Fakultas MIPA Militer



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal:

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Ravana Zackeisha Rustama
NIM : 320210303020
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam Militer
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Asam Lemak terhadap
Sifat Hidrofobik Selulosa Mikrokrystal dari
Biomassa Ampas Tebu sebagai *Filler*
Rompi Antipeluru

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Tedi Kurniadi, M.Si NIDN. 4710117501		07/8 '25
2	Dosen Pembimbing II: Anggi Khairina H.H, M.Si.NIDN. NIP.199111032022032022		08/8 '25
3	Dosen Penguji I: Dr. Rahmat Basuki, S.Pd., M.Sc. NIP. 199005132022031001		05/8 '25
4	Dosen Penguji II: Dr.Ir. Mirad Fahri.,M.Sc Kolonel Cpl (Purn) NIDN. 4702126401		08/ '25 08

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah proposal skripsi ini merupakan hasil pemikiran dan penulisan mandiri, yang tidak mengandung substansi, bagian, maupun keseluruhan karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik, baik di institusi ini maupun di perguruan tinggi lainnya. Seluruh kutipan, baik berupa kata, frasa, kalimat, maupun bagian teks lainnya yang bersumber dari karya terdahulu telah dicantumkan secara eksplisit melalui sistem sitasi yang sah dan termuat dalam Daftar Pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat unsur penjiplakan atau pelanggaran etika akademik, saya bersedia menerima konsekuensi sanksi sesuai dengan ketentuan hukum dan peraturan akademik yang berlaku.

Bogor. Juli 2025



Ravania Zackeisha Rustama

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia,
saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ravana Zacheisha Rustama

NIM : 320210303020

Program Studi : Sarjana Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

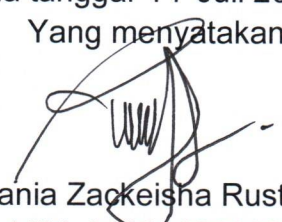
demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan
kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti
Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya
yang berjudul:

**Pengaruh Variasi Asam Lemak terhadap Sifat Hidrofobik Selulosa
Mikrokristal dari Biomassa Ampas Tebu sebagai Filler Rompi
Antipeluru**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti
Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia 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 : Bogor
Pada tanggal : 7 Juli 2025
Yang menyatakan


Ravana Zacheisha Rustama
NIM. 320210303020

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur peneliti panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga karya ilmiah ini yang berjudul *“Pengaruh Variasi Asam Lemak terhadap Sifat Hidrofobik Selulosa Mikrokristal dari Biomassa Ampas Tebu sebagai Filler Rompi Antipeluru”* dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

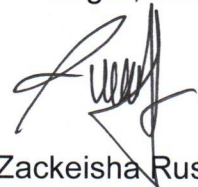
Penyusunan karya ini tidak terlepas dari dukungan, kontribusi, serta doa dari berbagai pihak. Untuk itu, peneliti menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Kol. (Tek) Gunaryo, S.T., M.T selaku kepala Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan Republik Indonesia yang telah memberikan pesan penting dalam kehidupan dan bimbingan secara moral.
2. Bapak Tedi Kurniadi, M.Si selaku dosen pembimbing pertama, dan Ibu Anggi Khairina Hanum Hasibuan, M.Si selaku dosen pembimbing kedua yang telah mengarahkan, membimbing, memberikan ide serta saran dan juga dukungan kepada peneliti dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Dosen-dosen program studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
4. Ucapan terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada kedua orangtua yang sangat saya cintai Ayah Achmad Rustama dan Ibu Tuti Juni Hastuty serta adik perempuan saya Kyla Zalikha Rustama karena selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat tak terhingga. Berkat cinta dan pengorbanan mereka saya bisa sampai pada titik ini.
5. Staff dan Laboran program studi Kimia FMIPA Militer UNHAN RI yang telah membantu selama proses perkuliahan.

6. Ibu Anggaria Maharani, Mba Aulia Aninditha, Mba Iho, Mas Andi, Mas Fajri, Pak Akhryan, Mas Hilman, Mas Nici, Mas Arfian, selaku Senior Manager dan Staff dari PT DAHANA (Persero).
7. Bahu dan sandaranku dalam melewati fase pendewasaan Puspita Anisa, Najlaa Syalaisa, Marchella Hasanah, Alfema Kansha Nandita, Manda Fatimah Azahra, Shinta Ardhya Maharani, Annisa Vrischika Saumanov Asmara, Rifdah Fadilah, sahabat yang lebih dari saudara WS, yang telah memberikan warna, selalu ada, memberikan semangat, tawa, dan kebersamaan di sepanjang perjalanan ini serta senantiasa siap mengulurkan kedua tangan ketika peneliti membutuhkan tempat berpulang.
8. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya tujukan untuk teman yang selalu menyediakan telinga untuk mendengar, waktu untuk berkeluh kesah dan mengajarkan saya agar sabar dan menghadapi sesuatu dengan dewasa, selalu ada saat peneliti membutuhkan bantuan dan perhatian, Guruh Agpih Sugara.
9. Teman prodiku tersayang danton rara, alya, dea, ardelia, astrid, nisma, ara, oday, dhiva, teh fira, fikriyah, hanifa, fajar, dapol, zuhairy, ara, satria, rehan, vania, thesa, puwan, sheila dan zaidan.
10. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri, yang telah bertahan sejak awal, melewati setiap fase kehidupan, dan tidak menyerah meski dalam sunyi dan lelah. Semoga langkah ini menjadi awal dari perjalanan yang lebih kuat dan bermakna.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini tidak sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai sumber untuk membantu mereka memperbaiki diri mereka di masa depan.

Bogor, Juli 2025



Ravana Zacheisha Rustama

ABSTRAK

**PENGARUH VARIASI ASAM LEMAK TERHADAP SIFAT HIDROFOBİK
SELULOSA MIKROKRISTAL DARI BIOMASSA AMPAS TEBU
SEBAGAI *FILLER* ROMPI ANTIPELURU**

Selulosa mikrokristal (MCC) adalah bentuk selulosa yang telah diproses untuk menghasilkan partikel-partikel kecil dengan struktur kristalin. Modifikasi selulosa mikrokristal dengan variasi asam lemak dilakukan untuk meningkatkan hidrofobisitas MCC melalui proses esterifikasi guna meningkatkan interaksi MCC sebagai matriks/ *filler* pembuatan komposit rompi anti peluru, *binder* propelan dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis MCC dari limbah ampas tebu dengan variasi asam lemak, menentukan dan menganalisis pengaruh jenis asam lemak terhadap hasil esterifikasi MCC, serta menentukan sifat kelarutannya. Modifikasi selulosa mikrokristal dalam prosesnya melewati beberapa tahap meliputi delignifikasi, *bleaching*, hidrolisis, dan proses esterifikasi. Selulosa mikrokristal dibuat dengan perbandingan 1:4 (MCC : asam lemak) menggunakan rasio pelarut (etanol : asam lemak) yaitu 7:1 dengan variasi asam lemak (asam palmitat, asam laurat, asam oleat) selama 5 jam pada suhu 120°C. Hasil menunjukkan bahwa modifikasi MCC dari ampas tebu memberikan hasil terbaik pada variasi asam palmitat dengan kristalinitas yang paling tinggi sebesar 54.43% dengan ukuran kristal sebesar 9.46 nm. Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa MCC setelah esterifikasi lebih hidrofobik. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=O ester pada MCC termodifikasi asam lemak. Hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan MCC hasil esterifikasi menjadi lebih mengembang (*swollen*), dengan tekstur yang tampak lebih halus.

Kata kunci: Ampas tebu, Asam lemak, Esterifikasi, Selulosa mikrokristal.

ABSTRACT

**THE EFFECT OF FATTY ACID VARIATIONS ON THE HYDROPHOBIC
PROPERTIES OF MICROCRYSTALLINE CELLULOSE FROM
SUGARCANE BAGASS BIOMASS AS A FILLER
FOR BULLETPROOF VESTS**

Microcrystalline cellulose (MCC) is a form of cellulose that has been processed to produce small particles with a crystalline structure. Modification of microcrystalline cellulose with various fatty acids is carried out to increase the hydrophobicity of MCC through an esterification process to enhance its interaction as a matrix/filler in the production of bulletproof vest composites, propellant binder, etc. This study aims to synthesize MCC from sugarcane bagasse waste with fatty acid variations, and to determine and analyze the effect of different types of fatty acids on the esterification results of MCC, and to determine its solubility properties. The modification of microcrystalline cellulose involves several stages, including delignification, bleaching, hydrolysis, and esterification. Microcrystal cellulose is made with a ratio of 1: 4 (MCC: fatty acid) using a solvent ratio (ethanol: fatty acid) of 7:1 with variations of fatty acids (palmitic acid, lauric acid, oleic acid) for 5 hours at 120°C. The modification of MCC from sugarcane bagasse has the best results in palmitic acid variation, having the highest crystallinity of 54.43% and a crystal size of 9.46 nm. Solubility tests indicate that the MCC after esterification is more hydrophobic. The FTIR test shows the presence of the ester C=O functional group on the fatty acid-modified MCC. SEM results show that the surface of the esterified MCC becomes more swollen, with a texture that appears smoother.

Keywords: Esterification, Fatty acids, Microcrystalline cellulose, Sugarcane bagasse.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR GAMBAR	13
DAFTAR TABEL	15
DAFTAR SINGKATAN	16
BAB I	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis	4
1.4.2 Manfaat Praktis	4
BAB II	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 <i>Microcrystalline Cellulose</i> (MCC)	5
2.1.2 Ampas Tebu	8
2.1.3 Selulosa	11
2.1.4 Delignifikasi	13
2.1.5 <i>Bleaching</i> /Pemutihan	13
2.1.6 Isolasi Selulosa Mikrokristal (MCC)	14
2.1.7 Asam Lemak	16
2.1.8 Hidrofobisasi Selulosa Mikrokristal	17
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu.....	18
2.3 Kerangka Berpikir.....	20
2.3.1 Kerangka Berpikir I.....	20

2.3.2 Kerangka Berpikir II	21
2.4 Hipotesis	23
2.4.1 Hipotesis I	23
2.4.2 Hipotesis II	23
BAB III	8
3.1 Metode dan Desain Penelitian.....	8
3.1.1 Metode Penelitian.....	8
3.1.2 Desain Penelitian	8
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2.1 Tempat Penelitian.....	24
3.2.2 Waktu Penelitian.....	24
3.3 Alat dan Bahan.....	26
3.4 Variabel Penelitian.....	26
3.4.1 Variabel Bebas	26
3.4.2 Variabel Terikat.....	26
3.4.3 Variabel Kontrol.....	27
3.5 Populasi dan Sampel	27
3.6 Prosedur Penelitian	27
3.6.1 Preparasi Sampel Ampas Tebu	27
3.6.2 Proses Delignifikasi Sampel Ampas Tebu	27
3.6.4 Isolasi Selulosa Mikrokrystal (MCC).....	28
3.6.5 Proses Esterifikasi	28
3.7 Metode Analisis	29
3.7.1 Analisis Karakteristik Kimia MCC	29
3.7.1.1 Analisis Kadar Lignin (SNI 14–0444–1989)	29
3.7.1.2 Analisis Kadar α -Selulosa (SNI 14–0444–1989).....	29
3.7.1.3 Analisis Gugus Fungsi	30
3.7.2 Analisis Karakteristik Fisik MCC.....	31
3.7.2.1 Analisis Partikel menggunakan Instrumentasi SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	31
3.7.2.2 X-ray Diffraction (XRD).....	31
3.7.3 Analisis Hidrofobisitas	31
3.7.4 Derajat Substitusi	32

BAB IV	33
4.1 Isolasi Ampas Tebu menjadi MCC	33
4.1.1 Pemurnian α -Selulosa dari Limbah Ampas Tebu	33
4.1.2 Analisis Rendemen	36
4.1.3 Analisis Komponen Selulosa	37
4.1.4 Hidrolisis α -Selulosa menjadi MCC	39
4.2 Modifikasi MCC	40
4.2.1 Esterifikasi MCC	40
4.2.2 Uji Kelarutan	43
4.3 Karakterisasi MCC	47
4.3.1 Analisis Gugus Fungsi menggunakan FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	47
4.3.1.1 Derajat Substitusi	50
4.3.2 Analisis Struktur Kristal menggunakan XRD (<i>X-ray Diffraction</i>)	52
4.3.3 Analisis Morfologi menggunakan SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	55
BAB V	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	77
Lampiran 1: Perhitungan Lignin	77
Lampiran 2: Perhitungan α -selulosa	77
Lampiran 3: Interpretasi Gugus Fungsi <i>FTIR</i>	79
Lampiran 4: Data XRD	80
Lampiran 5: Dokumentasi Penelitian	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Selulosa Mikrokrystal	6
Gambar 2. 2 Depolimerisasi Selulosa menjadi Mikrokrystal Selulosa	7
Gambar 2. 3 Struktur Selulosa	11
Gambar 2. 4 Diagram Skematik Pemisahan Selulosa MCC	15
Gambar 2. 5 Struktur a) Asam Laurat, b) Asam Palmitat, dan c) Asam Oleat	16
Gambar 2. 6 Diagram Kerangka Berpikir Penelitian	22
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian.....	8
Gambar 4. 1 Hasil Delignifikasi Selulosa Ampas Tebu	33
Gambar 4. 2 Reaksi Delignifikasi	34
Gambar 4. 3 Hasil Bleaching Selulosa Ampas Tebu.....	35
Gambar 4. 4 Reaksi Bleaching	36
Gambar 4. 5 Hasil Analisis Komponen Selulosa Ampas Tebu	38
Gambar 4. 6 Hasil Hidrolisis Selulosa Ampas Tebu	39
Gambar 4. 7 Reaksi Esterifikasi MCC dengan Asam Lemak	41
Gambar 4. 8 Hasil Esterifikasi MCC Ampas Tebu	42
Gambar 4. 9 Uji Kelarutan Selulosa Mikrokrystal Ampas Tebu	45
Gambar 4. 10 Uji Kelarutan Selulosa Mikrokrystal Ampas Tebu Termodifikasi; a) Asam Laurat b) Asam Palmitat c) Asam Oleat	46
Gambar 4. 11 Spektrum IR MCC Sintetis, MCC Ampas Tebu, ...	48
Gambar 4. 12 Spektrum FTIR Rasio Serapan Gugus CH dan C=O	51
Gambar 4. 13 Difraktogram MCC Sintetis, MCC Ampas Tebu Sebelum Hidrolisis, MCC Ampas Tebu Setelah Hidrolisis, MCC Asam Laurat, MCC Asam Palmitat, dan MCC Asam Oleat.....	52
Gambar 4. 14 Morfologi Partikel a) Selulosa Ampas Tebu (Sebelum Hidrolisis) Tebu); b) MCC Ampas Tebu (Setelah Hidrolisis) pada Perbesaran 500X dan 1000X.....	56

Gambar 4. 15 Morfologi Partikel MCC Ampas Tebu Termodifikasi dengan Perbesaran 500X; a) Asam Laurat, b) Asam Palmitat, dan c) Asam Oleat.....	58
--	----



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik MCC Komersial Avicel PH 101	5
Tabel 2. 2 Perkembangan Produksi Gula dari Tebu	9
Tabel 2. 3 Komposisi Kimia Sampel Ampas Tebu.....	10
Tabel 2. 4 Hasil Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3. 1 <i>Timeline</i> Penelitian	24
Tabel 4. 1 Persentase Rendemen MCC.....	37
Tabel 4. 2 Uji Kelarutan MCC.....	43
Tabel 4. 3 Perbandingan Rasio Serapan Gugus Fungsi OH/CH dan C=O Spektrum FTIR MCC Ampas Tebu Murni dan MCC Termodifikasi Asam Lemak.....	50
Tabel 4. 4 Kristalinitas dan Ukuran Kristal Selulosa	54



DAFTAR SINGKATAN

MCC : *Microcrystalline Cellulose*

FTIR : *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*

SEM : *Scanning Electron Microscope*

XRD : *X-ray Diffraction*

DS : Derajat Substitusi

