

**EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa
oleifera* Lam.) SEBAGAI HEPATOPROTEKTIF
TERHADAP APOPTOSIS DAN NEKROSIS SEL
HEPG2 YANG DIINDUKSI ASETAMINOFEN**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



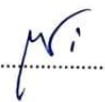
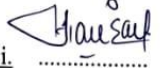
**Khoerotul Nur Fadhilah Adha
1308621013**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera* Lam.)
SEBAGAI HEPATOPROTEKTIF TERHADAP APOPTOSIS DAN
NEKROSIS SEL HEPG2 YANG DIINDUKSI ASETAMINOFEN**

Nama Mahasiswa : Khoerotul Nur Fadhilah Adha
No Registrasi : 1308621013

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	<u>Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Sc.</u> NIP. 197909162005011004		12/08 - 2025
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	<u>Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.</u> NIP. 197905042009122002		12/08 - 2025
Ketua	<u>Prof. Dr. Ratna Komala, M.Si.</u> NIP. 196408151989032002		11/08 - 2025
Sekretaris/Penguji II	<u>Dr. Rusdi, M.Biomed.</u> NIP. 196509171992031001		11-08 - 2025
Anggota			
Pembimbing I	<u>Prof. Dr. Yulia Irnidayanti, M.Si.</u> NIP. 196507232001122001		11-08 - 2025
Pembimbing II	<u>Prof. Dr. Wahyu Widowati, M.Si.</u> NIK. 111122		10-08-2025
Penguji I	<u>Dr. Tri Handayani Kurniati, M.Si.</u> NIP. 196603161992032001		12/08 - 2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 22 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Hepatoprotektif terhadap Apoptosis dan Nekrosis Sel HepG2 yang diinduksi Asetaminofen”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Biologi Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam daftar pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 18 Juli 2025



METERAI
TEMBAK
10247AMX452995181

Khoerotul Nur Fadhillah Adha

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Khoerotul Nur Fadhillah Adha
NIM : 1308621013
Fakultas/Prodi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Biologi
Alamat email : khoerotulnurfa@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Hepatoprotektif terhadap Apoptosis dan Nekrosis Sel HepG2 yang diinduksi Asetaminofen

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 9 Agustus 2025

Penulis

(Khoerotul Nur Fadhillah Adha)

KATA PENGANTAR

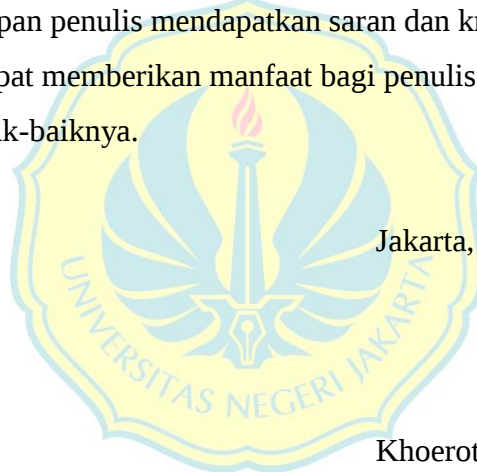
Alhamdulillah wa syukurillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Jenis penelitian yang dipilih adalah penelitian Sains dengan judul “Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Hepatoprotektif terhadap Apoptosis dan Nekrosis Sel HepG2 yang diinduksi Asetaminofen”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi S1 Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.

Selama proses perkuliahan hingga tersusunnya skripsi ini, penulis mendapatkan banyak sekali dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyusun skripsi ini. Penulis menyampaikan terima kasih dengan sepuh hati kepada Allah Swt. yang atas kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Ibu Prof. Dr. Yulia Irnidayanti, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Prof. Dr. Wahyu Widowati, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan kesempatan, ilmu, bimbingan, perhatian, dukungan, dan nasihat kepada penulis. Ibu Dr. Tri Handayani Kurniati, M.Si. selaku dosen penguji I, Bapak Dr. Rusdi, M.Biomed selaku dosen penguji II, dan Ibu Prof. Dr. Ratna Komala, M.Si. selaku ketua sidang yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyempurnakan skripsi ini. Ibu Pinta Omas Pasaribu, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mendukung penulis selama menjalankan kegiatan perkuliahan. Bapak dan Ibu dosen di Program Studi Biologi yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan. PT Aretha Medika Utama – Biomolecular and Biomedical Research Center yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian.

Penulis juga mengucapkan terima kasih tak terhingga kepada keluarga penulis, Ayah Sukliman, Ibu Dastiani Raswati, dan Nadia Istiqomah yang selalu memberikan dukungan, semangat, perhatian, serta selalu mendoakan penulis selama proses perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini. Fajar Baskoro yang selalu memberikan semangat dan bantuan selama proses perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada keluarga *Aquila*

chrysaetos terutama teman-teman Biologi B 2021 yang telah kebersamai perjuangan selama masa perkuliahan. Teman-teman KSP Macaca UNJ yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang luar biasa kepada penulis. Teman-teman seperbimbingan Riset_2021 yang telah berjuang bersama dan saling mendukung selama proses penelitian dan penyelesaian skripsi. Rajwa Dzakiyyah Basyasyah, Nicholas Mars, dan Garry Alexandro sebagai rekan penelitian di PT Aretha Medika Utama – Biomolecular and Biomedical Research Center yang selalu membantu penulis. Wahidatul Azizzah dan Novika Dwi Ramadhani yang telah kebersamai dan memberikan dukungan selama perkuliahan. Lulu Putri Pratiwi sebagai sahabat yang selalu menemani, memberikan semangat, bantuan, serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan skripsi ini. Besar harapan penulis mendapatkan saran dan kritik dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca serta dapat digunakan sebaik-baiknya.



Jakarta, 18 Juli 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Khoerotul Nur Fadhillah Adha'.

Khoerotul Nur Fadhillah Adha

ABSTRAK

KHOEROTUL NUR FADHILAH ADHA. Efektivitas Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Hepatoprotektif terhadap Apoptosis dan Nekrosis Sel HepG2 yang diinduksi Asetaminofen. Skripsi, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2025.

Asetaminofen merupakan obat antipiretik dan analgesik yang dapat menyebabkan hepatotoksisitas jika dikonsumsi secara berlebihan melalui mekanisme stres oksidatif, apoptosis, dan nekrosis. Ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) memiliki aktivitas antioksidan yang berpotensi sebagai agen hepatoprotektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun kelor pada konsentrasi 5, 25, dan 125 µg/mL terhadap kepadatan, apoptosis, dan nekrosis sel HepG2 yang diinduksi asetaminofen. Analisis kualitatif dilakukan melalui observasi kepadatan sel secara mikroskopis, sedangkan analisis apoptosis dan nekrosis dilakukan secara kuantitatif menggunakan flow cytometry dengan pewarna Annexin V-FITC dan Propidium Iodide (PI). Kelompok perlakuan terdiri dari: KN (Kontrol Negatif; sel HepG2 tanpa perlakuan); KP (Kontrol Positif; sel HepG2 + APAP 5 mM); KV (Kontrol Vehicle; KP + DMSO 1%); EDK 1 (KP + Ekstrak Daun Kelor 5 µg/mL); EDK 2 (KP + Ekstrak Daun Kelor 25 µg/mL); dan EDK 3 (KP + Ekstrak Daun Kelor 125 µg/mL). Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor pada konsentrasi 125 µg/mL secara signifikan meningkatkan kepadatan sel. Analisis flow cytometry menunjukkan peningkatan persentase sel hidup dan penurunan apoptosis secara signifikan pada konsentrasi 125 µg/mL, serta penurunan persentase tingkat nekrosis secara signifikan pada konsentrasi 25 µg/mL. Dengan demikian, ekstrak daun kelor berpotensi sebagai agen hepatoprotektif terhadap kerusakan sel yang diinduksi asetaminofen melalui perbaikan kondisi seluler dan penurunan kematian sel.

Kata kunci. Antioksidan, Flow cytometry, Overdosis, Parasetamol, Stres oksidatif

ABSTRACT

KHOEROTUL NUR FADHILAH ADHA. The Effectiveness of Moringa Leaf Extract (*Moringa oleifera* Lam.) as a Hepatoprotective Agent Against Apoptosis and Necrosis of HepG2 Cells Induced by Acetaminophen. Mini Thesis, Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2025.

Acetaminophen is an antipyretic and analgesic drug that can cause hepatotoxicity if consumed in excess through the mechanisms of oxidative stress, apoptosis, and necrosis. *Moringa oleifera* Lam. leaf extract has antioxidant activity that has potential as a hepatoprotective agent. This study aims to investigate the effects of moringa leaf extract at concentrations of 5, 25, and 125 µg/mL on the density, apoptosis, and necrosis of acetaminophen-induced HepG2 cells. Qualitative analysis was performed through microscopic observation of cell density, while apoptosis and necrosis analysis were conducted quantitatively using flow cytometry with Annexin V-FITC and Propidium Iodide (PI) dyes. The treatment groups consisted of: KN (Negative Control; HepG2 cells without treatment); KP (Positive Control; HepG2 cells + APAP 5 mM); KV (Vehicle Control; KP + 1% DMSO); EDK 1 (KP + Moringa Leaf Extract 5 µg/mL); EDK 2 (KP + Moringa Leaf Extract 25 µg/mL); and EDK 3 (KP + Moringa Leaf Extract 125 µg/mL). Microscopic observations showed that Moringa Leaf Extract at a concentration of 125 µg/mL significantly increased cell density. Flow cytometry analysis showed a significant increase in the percentage of live cells and a significant decrease in apoptosis at a concentration of 125 µg/mL, as well as a significant decrease in the percentage of necrosis at a concentration of 25 µg/mL. Thus, moringa leaf extract has the potential as a hepatoprotective agent against acetaminophen-induced cell damage through improvement of cellular conditions and reduction of cell death.

Keywords. *Antioxidants, Flow cytometry, Overdose, Oxidative stress, Paracetamol*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Tanaman Kelor (<i>Moringa oleifera</i> Lam.).....	5
B. Fisiologi dan Kerentanan Hati terhadap Stress Oksidatif.....	7
C. Asetaminofen.....	8
D. Kematian Sel Apoptosis dan Nekrosis.....	10
E. Sel HepG2 sebagai Model untuk Studi Hepatotoksisitas.....	11
F. Analisis Flow Cytometry.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
B. Metode Penelitian.....	14
1. Alat dan Bahan Penelitian.....	14
2. Prosedur Penelitian.....	15
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
A. Kepadatan Sel HepG2 Setelah Pemberian Ekstrak Daun Kelor.....	24
B. Pengaruh Ekstrak Daun Kelor terhadap Persentase Apoptosis dan Nekrosis Pada Sel HepG2.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
A. Kesimpulan.....	35
B. Saran.....	35

DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	63



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Kelompok perlakuan dan pewarna yang digunakan.....	23
2. Persentase sel hidup pada masing-masing kelompok perlakuan berdasarkan analisis flow cytometry.....	49
3. Persentase apoptosis awal pada masing-masing kelompok perlakuan berdasarkan analisis flow cytometry.....	49
4. Persentase apoptosis lanjut pada masing-masing kelompok perlakuan berdasarkan analisis flow cytometry.....	49
5. Persentase nekrosis pada masing-masing kelompok perlakuan berdasarkan analisis flow cytometry.....	49



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Kelor (<i>Moringa oleifera</i> Lam.).....	7
2. Struktur kimia 2D asetaminofen.....	8
3. Bentuk-bentuk kematian sel akibat hepatotoksisitas asetaminofen...	9
4. Analisis flow cytometry dengan pewarnaan Annexin V-FITC dan Propodium Iodide (PI).....	13
5. Diagram alir penelitian.....	16
6. Penanaman sel HepG2 dengan berbagai kelompok perlakuan.....	21
7. Kepadatan sel HepG2.....	25
8. Dot plot flow cytometry sel HepG2 berdasarkan pewarnaan Annexin V-FITC dan Propodium Iodide (PI).....	29
9. Grafik persentase rata-rata $\pm$ standar deviasi (SD) dari masing-masing populasi sel yang dianalisis.....	30
10. Induksi sel HepG2 dengan asetaminofen 5 mM ke dalam <i>well plate</i>	61
11. Pengamatan kepadatan sel HepG2 setelah 24 jam perlakuan dengan asetaminofen 5 mM.....	61
12. Pemberian EDK ke dalam <i>well plate</i> pada sel HepG2 setelah 24 jam induksi asetaminofen 5 mM.....	61
13. Penambahan Annexin V-FITC dan Propodium Iodide (PI) ke untuk analisis apoptosis dan nekrosis menggunakan flow cytometry.....	61
14. Proses analisis apoptosis dan nekrosis sel HepG2 menggunakan flow cytometry.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Hasil uji flow cytometry.....	49
2. Hasil perhitungan kepadatan sel.....	50
3. Hasil analisis statistik persentase sel hidup menggunakan SPSS.....	51
4. Hasil analisis statistik persentase apoptosis awal menggunakan SPSS.....	53
5. Hasil analisis statistik persentase apoptosis lanjut menggunakan SPSS.....	55
6. Hasil analisis statistik persentase nekrosis menggunakan SPSS.....	57
7. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	61
8. Surat keterangan pelaksanaan penelitian.....	62

