



**PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK BUAH KELOR
(MORINGA OLEIFERA) TERHADAP PROFIL LIPID, KADAR
MALONDIALDEHID (MDA) DAN HISTOPATOLOGI
NEUROINFLAMASI SEL GLIA PADA TIKUS MODEL
OBESITAS**

TESIS

Nur Ajiyanti Sabirina

2320223007

**PROGRAM STUDI SAINS BIOMEDIS PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
JAKARTA**

2026



**PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK BUAH KELOR
(MORINGA OLEIFERA) TERHADAP PROFIL LIPID, KADAR
MALONDIALDEHID (MDA) DAN HISTOPATOLOGI
NEUROINFLAMASI SEL GLIA PADA TIKUS MODEL
OBESITAS**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister
Pada Program Studi Sains Biomedis Program Magister**

Disusun dan diajukan oleh:

Nur Ajiyanti Sabirina

2320223007

**PROGRAM STUDI SAINS BIOMEDIS PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
JAKARTA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK BUAH KELOR (MORINGA OLEIFERA) TERHADAP PROFIL LIPID, KADAR MALONDIALDEHID (MDA) DAN HISTOPATOLOGI NEUROINFLAMASI SEL GLIA PADA TIKUS MODEL OBESITAS

**Disusun dan diajukan oleh:
NUR AJIYANTI SABIRINA
2320223007**

**Telah diujikan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka Penyelesaian Studi Program Magister Sains Biomedis
Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jakarta
Pada Tanggal 26 Januari 2026**

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat Kelulusan

Pembimbing 1



Dr. dr. Maria Selvester Thadeus, M.Biomed, Sp.KKLP
NIP. 196511272021212000

Pembimbing 2



Dr. dr. Feda Anisah Makkiah, Sp.BS, M.Kes
NIP. 197708212010122001

**Kepala Program Studi Sains
Biomedis Program Magister**



Dr. dr. Maria Selvester Thadeus, M.Biomed, Sp.KKLP
NIP. 196511272021212000

Dekan

Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Taufiq Fredrik Pasiak M.Kes, M.Pd.I
NIP. 197001292000031001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Nur Ajiyanti Sabirina
NIM : 2320223007
Program Studi : Sains Biomedis Program Magister

Menyatakan bahwa penulisan Penelitian Tesis yang berjudul **PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK BUAH KELOR (MORINGA OLEIFERA) TERHADAP PROFIL LIPID, KADAR MALONDIALDEHID (MDA) DAN HISTOPATOLOGI NEUROINFLAMASI SEL GLIA PADA TIKUS MODEL OBESITAS** adalah benar-benar karya saya sendiri. Adapun yang bukan merupakan karya saya dalam penulisan Penelitian Tesis ini diberi tanda sitasi dan ditampilkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka Saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021 tentang Integritas Akademik dalam Menghasilkan Karya Ilmiah dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 23 Januari 2026

Yang Membuat Pernyataan



Nur Ajiyanti Sabirina

NIM. 2320223007

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas penyertaan-Nya saya dapat menyelesaikan Materi Tesis yang berjudul “ Tesis Pengaruh Pemberian Ekstrak Buah Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap Profil Lipid, Kadar Malondialdehid (MDA) dan Histopatologi Neuroinflamasi Sel Glia Pada Tikus Model Obesitas ” dengan baik dan lancar. Keberhasilan saya dalam menyelesaikan penulisan tesis ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari beberapa pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril maupun materiil. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Anter Venus, MA, Comm, selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta beserta para Wakil Rektor yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menuntut ilmu di Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
2. Dr. dr. Taufiq Fredrik Pasiak, M.Kes., M.Pd.I., M.H., CIPA selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta beserta para Wakil Dekan dan Kepala Program Studi Sains Biomedis Program Magister yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dorongan, dan saran kepada penulis sehingga penyusunan tesis ini bisa berjalan dengan baik.
3. Ibunda Saya Hj. Endang Sri Djasmani, Mbah Buyut H. Muhammad Sulchan, Bapak dan Ibu mertua, Bapak Ngadimun, S.Pd dan Ibu Uminarsih yang senantiasa mendukung, mendoakan, menyayangi penuh kasih dan

motivasi tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik dan lancar.

4. Suami Saya Muhamad Nurhadi, ST yang selalu menemani, support paling dekat serta anak-anak Saya, Dennis Hadyan Abimanyu dan Rama Hadyan Asyari untuk pelukan hangatnya sehingga penulis selalu merasa dicintai.
5. Keluarga besar Saya, Mas Aji, Mas Yan, Mba Rere, Mba Hanan, dan Indah atas dukungan dan motivasi sehingga studi ini berjalan lancar
6. Dr. dr. Maria Selvester Thadeus, M.Biomed., SpKKLP selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dorongan, dan saran kepada penulis sehingga penyusunan tesis ini bisa berjalan dengan baik
7. Dr. dr. Feda Anisah Makkiyah, Sp.BS., M.Kes., MHPE, VINS selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dorongan, dan saran kepada penulis sehingga penyusunan tesis ini bisa berjalan dengan baik
8. Dr. dr. Muttia Amalia, M.Biomed Penguji I yang telah memberikan motivasi, dorongan, dan saran kepada penulis sehingga tesis ini menjadi lebih baik
9. Dr. Ratna Puspita, S.Si, M.Si selaku Penguji II yang telah memberikan motivasi, dorongan, dan saran kepada penulis sehingga tesis ini menjadi lebih baik
10. Kepala dan staf/karyawan dalam hal ini mba Qiqi dan mas Kipur di Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta yang telah membantu kelancaran administrasi dan sarana prasarana selama menempuh pendidikan.

11. Sahabatku dr. Dwianggriany Adhetia Piesca W, Rekan kerja yang juga partner dalam penelitian ini, dr. Dian Ayu Paramitha Sp.KJ atas segala support yang menemani perjalanan ini.
12. Teman-teman mahasiswa/i Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta Prodi S2 Biomedik Angkatan 2023 Pak Riyadi, Mba Belia, Mas Wawan, Mas Juli, Mas Piren, Mba Rosida selaku teman seperjuangan yang selalu membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian materi tesis ini.
13. Teman-teman di Komite Mutu, Bunda Devina Indra Syahbunan, S.Tr, F.Tr, MH.Kes dan juga Akhsanah yang menemani perjalanan magister ditempat kerja ini menjadi lebih menyenangkan, atas support tiada batas dari mereka dan motivasi agar selalu berjuang.
14. Teman-teman sesama content creator, Ria Pratiwi, Syifa Claudia, Chenny, Jeanita, teman-teman di RSUD Koja Bu Ririn, Mba Dewi, Mba Lisna, Mba Tika atas support dan semangatnya

Penulis menyadari bahwa penyusunan materi tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis akan selalu menerima dengan hati terbuka segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar materi tesis ini bisa menjadi lebih baik dan berguna bagi masyarakat.

Jakarta, 24 Januari 2026



Nur Ajiyanti Sabirina

PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK BUAH KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) TERHADAP PROFIL LIPID, KADAR MALONDIALDEHID (MDA) DAN HISTOPATOLOGI NEUROINFLAMASI SEL GLIA PADA TIKUS MODEL OBESITAS

Nur Ajiyanti Sabirina¹, Maria Selvester Thadeus², Feda Anisah Makkiyah³

ABSTRAK

Latar Belakang: Obesitas memicu metaflammation dan stres oksidatif sistemik yang berdampak pada kerusakan integritas sawar darah otak serta neuroinflamasi kronis, khususnya pada medial Prefrontal Cortex (mPFC). Potensi neuroprotektif buah *Moringa oleifera* yang kaya fitokimia lipofilik masih jarang dieksplorasi dibandingkan bagian daunnya. **Tujuan:** Menganalisis pengaruh pemberian ekstrak buah *Moringa oleifera* terhadap profil lipid, kadar Malondialdehid (MDA), dan histopatologi neuroinflamasi mPFC pada tikus model obesitas. **Metode:** Penelitian eksperimental menggunakan 24 ekor tikus Wistar jantan yang dibagi menjadi empat kelompok: Kontrol Normal, Kontrol Negatif (diet HFHS), serta kelompok perlakuan dosis 500 mg/kgBB (KP3) dan 1000 mg/kgBB (KP4). Induksi obesitas dilakukan selama 8 minggu, dilanjutkan perlakuan selama 4 minggu. Parameter meliputi profil lipid, kadar MDA mPFC, Indeks Organ Otak, serta densitas sel glia. Analisis data menggunakan uji ANOVA/Welch dan Tukey ($p < 0,05$). **Hasil:** Induksi diet HFHS berhasil membentuk model obesitas (Indeks Lee $> 0,3$) dengan dislipidemia dan peningkatan kadar MDA mPFC tertinggi (12,91 nmol/ml). Pemberian ekstrak buah kelor dosis 1000 mg/kgBB (KP4) terbukti paling efektif memperbaiki profil lipid, mereduksi kadar MDA hingga level normal (7,35 nmol/ml), serta memulihkan Indeks Organ Otak (0,592). Secara histopatologis, KP4 signifikan memitigasi jumlah dark neurons dan vakuolisasi, serta menjaga densitas sel glia tetap terkendali. **Kesimpulan:** Ekstrak buah *Moringa oleifera* menunjukkan efektivitas neuroprotektif kuat secara dose-dependent, dengan dosis optimal 1000 mg/kgBB. Mekanisme ini dimediasi melalui perbaikan metabolisme lipid dan redaman kaskade stres oksidatif-neuroinflamasi mPFC.

Kata Kunci: *Moringa oleifera*, Obesitas, mPFC, Malondialdehid, Neuroinflamasi, Indeks Organ Otak.

THE EFFECT OF MORINGA OLEIFERA FRUIT EXTRACT ON LIPID PROFILE, MALONDIALDEHYDE (MDA) LEVELS, AND GLIAL CELL NEUROINFLAMMATION HISTOPATHOLOGY IN OBESITY-INDUCED RAT MODELS

Nur Ajiyanti Sabirina¹, Maria Selvester Thadeus², Feda Anisah Makkiyah³

ABSTRACT

Background: Obesity triggers systemic metaflammation and oxidative stress, leading to blood-brain barrier disruption and chronic neuroinflammation, particularly in the medial Prefrontal Cortex (mPFC). The neuroprotective potential of *Moringa oleifera* fruit, which is rich in lipophilic phytochemicals, remains under-explored compared to its leaves. **Objective:** This study aimed to analyze the effects of *Moringa oleifera* fruit extract on the lipid profile, malondialdehyde (MDA) levels, and mPFC neuroinflammatory histopathology in obese rat models. **Methods:** This experimental study utilized 24 male Wistar rats divided into four groups: Normal Control (NC), Negative Control (HFHS diet), and two treatment groups receiving *Moringa oleifera* fruit extract at doses of 500 mg/kgBW (KP3) and 1000 mg/kgBW (KP4). Obesity was induced for 8 weeks, followed by a 4-week treatment period. Parameters included lipid profile, mPFC MDA levels, Brain Weight Index, and glial cell density. Data were analyzed using ANOVA/Welch and Tukey's post-hoc tests ($p < 0.05$). **Results:** The HFHS diet effectively established an obesity model (Lee Index > 0.3) characterized by dyslipidemia and significantly elevated mPFC MDA levels (12.91 nmol/ml). The administration of the extract at 1000 mg/kgBW (KP4) was the most effective in improving the lipid profile, reducing MDA levels to near-normal levels (7.35 nmol/ml), and restoring the Brain Weight Index (0.592). Histopathological observation revealed that KP4 significantly mitigated the number of dark neurons and vacuolization while maintaining controlled glial cell density compared to the negative control. **Conclusion:** *Moringa oleifera* fruit extract demonstrates potent dose-dependent neuroprotective effects, with 1000 mg/kgBW as the optimal dose. This protective mechanism is mediated through the improvement of systemic lipid metabolism and attenuation of the oxidative stress-neuroinflammation cascade in the mPFC.

Keywords: *Moringa oleifera*, Obesity, mPFC, Malondialdehyde, Neuroinflammation, Brain Weight Index.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan Umum.....	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Akademis	5
1.4.2 Manfaat Praktis	5
1.5 Orisinalitas Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Obesitas	8
2.2 Biokimia dan Patofisiologi Metabolisme Lipid pada Obesitas	9
2.2.1 Profil Lipid Sistemik dalam Kondisi Obesitas	9
2.2.2 Dislipidemia dan Lipotoksisitas.....	11
2.2.3 Biokimia Lipoprotein: Jalur Eksogen dan Endogen	14
2.2.4 Hubungan Obesitas dengan Disfungsi Metabolik	16
2.2.5 Konsep Metaflammation: Aktivasi Jalur SFA-TLR4.....	17
2.3 Fisiologi Stres Oksidatif dan Jalur Malondialdehid (MDA)	19
2.3.1 Pembentukan Reactive Oxygen Species (ROS) pada Kondisi Surplus Energi.....	19
2.3.2 Biokimia Peroksidasi Lipid pada Membran Sel	19

2.3.3 Malondialdehid (MDA) sebagai Biomarker Kerusakan Membran	20
2.3.4 Parameter Normal MDA pada Tikus Wistar	21
2.3.5 Mekanisme Neurotoksisitas dan Adisi Protein oleh MDA.....	22
2.4 Patofisiologi Indeks Organ pada Kondisi Metabolik	23
2.4.1 Indeks Lemak: Adipositas Visceral sebagai Daerah Inflamasi	23
2.4.2 Indeks Hati dan Ginjal: Mekanisme Lipotoksisitas Ektopik	24
2.4.3 Indeks Otak dan kaitannya Korelasi Inflamasi Sistemik dengan Atrofi Otak Derajat Rendah.....	25
2.5 Neuroinflamasi dan Area Medial Prefrontal Cortex (mPFC).....	26
2.5.1 Integritas Sawar Darah Otak (BBB) dan Mekanisme Infiltrasi.....	26
2.5.2 Respons Mikroglia.....	26
2.5.3 Kerentanan Medial Prefrontal Cortex (mPFC).....	28
2.6 Buah Moringa oleifera (Kelor).....	30
2.6.1 Metabolisme Primer: Profil Makronutrien dan Serat	30
2.6.2 Metabolisme Sekunder: Fitokimia Polar dan Non-Polar.....	31
2.6.3 Mekanisme Neuroproteksi: Penembusan Sawar Darah Otak (BBB) ...	33
2.7 Kerangka Teori.....	36
2.8 Hipotesis atau Pernyataan Penelitian	37
2.8.1 Hipotesis Nol (H_0):	37
2.8.2 Hipotesis Satu (H_1):	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Rancangan Penelitian	39
3.2 Subjek Penelitian dan Sampel	39
3.2.1 Subjek Penelitian	39
3.2.2 Kriteria Inklusi Tikus.....	40
3.2.3 Kriteria Eksklusi Tikus	41
3.2.4 Penentuan Jumlah Sampel	41
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	42
3.4 Variabel yang Digunakan.....	43
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	46
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	49
3.6.1 Alat.....	49
3.6.2 Bahan penelitian	50
3.7 Definisi Operasional.....	52

3.8	Prosedur Penelitian.....	53
3.9	Kerangka Konsep	64
3.10	Skema Alur Penelitian.....	67
3.11	Metode Analisis Data	68
3.12	Penyajian Data.....	69
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		71
4.1	Hasil Penelitian.....	71
4.1.1	Lokasi dan waktu penelitian	71
4.1.2	Karakteristik Hewan Coba (tikus wistar).....	71
4.1.3	Gambaran Umum dan Validasi Data Penelitian	71
4.2	Hasil Uji Univariat	72
4.2.1	Hasil induksi model obesitas	72
4.2.2	Hasil Indeks Lee model obesitas	73
4.2.3	Hasil profil Lipid dan biokimia hewan coba	76
4.2.4	Hasil indeks organ hewan coba	78
4.2.5	Hasil Histopatologi sel glia.....	80
4.2.6	Hasil Perhitungan sel glia	83
4.3	Hasil Uji Bivariat.....	84
4.3.1	Uji Kruskall Wallis	84
4.3.2	Uji One Way ANOVA.....	85
4.3.3	Pengaruh Ekstrak Moringe Oleifera terhadap kadar MDA.....	87
4.4	Pembahasan	89
4.4.1	Obesitas dan Dislipidemia sebagai Pemicu Neuroinflamasi	89
4.4.2	Peran Moringa Oleifera terhadap Profil Lipid dan MDA.....	90
4.4.3	Efek Neuroprotektif pada Prefrontal Cortex (PFC) dan Indeks Otak... 91	
4.4.4	Respons Sel Glia (Astrosit dan Mikroglia) terhadap Intervensi	91
4.5	Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	92
4.6	Implikasi Penelitian	94
4.6.1	Implikasi Ilmiah dan Teoritis.....	94
4.6.2	Implikasi Metodologis	94
4.6.3	Implikasi Klinis dan Arah Penelitian Lanjutan.....	97
4.7	Keterbatasan Penelitian	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		99
5.1	KESIMPULAN	99

5.2 SARAN	100
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	105