

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Mellitus (DM) yang biasanya disebut sebagai penyakit gula merupakan salah satu ancaman kesehatan global pada saat ini karena prevalensinya yang terus meningkat dari tahun ke tahun serta berkontribusi besar terhadap angka morbiditas dan mortalitas. Data organisasi *International Diabetes Federation* (IDF) diperkirakan tahun 2024 sebanyak 589 juta orang dewasa usia 20–79 tahun di seluruh dunia hidup dengan diabetes, dengan prevalensi sebesar 11,1%, berarti satu dari sembilan orang dewasa mengalami diabetes mellitus. Jumlah ini diproyeksikan akan meningkat menjadi 853 juta orang pada tahun 2050 (IDF, 2025)

Kawasan Asia lebih dari setengah populasi manusia penyandang diabetes mellitus dunia, dengan negara-negara seperti China, India, dan Indonesia menjadi kontributor utama terhadap tingginya jumlah kasus diabetes global di Asia. Di kawasan Asia Tenggara (*IDF South-East Asia Region*), diperkirakan terdapat sekitar 107 juta orang dewasa hidup dengan diabetes pada tahun 2024. Wilayah ini merupakan salah satu kawasan dengan pertumbuhan tercepat jumlah kasus diabetes di dunia, didorong oleh urbanisasi, perubahan pola makan, penurunan aktivitas fisik, dan peningkatan obesitas. Sementara itu, di Indonesia, IDF memperkirakan terdapat 20,4 juta orang dewasa usia 20–79 tahun yang hidup dengan diabetes pada tahun 2024. Prevalensi diabetes nasional mencapai 11,0%, dengan prevalensi komparatif terstandarisasi menurut usia sebesar 11,3%. Data ini menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara dengan jumlah penyandang

diabetes terbesar di dunia dan peringkat kedua tertinggi di kawasan *Western Pacific* setelah China. (IDF, 2025).

Data Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat (2022), jumlah penderita DM di Sumatera Barat mencapai 37.063 kasus, dengan jumlah kasus terbanyak terdapat di kota Padang, yaitu 6.464 kasus. Prevalensi DM di Sumatera Barat mengalami peningkatan dari 1,2% pada tahun 2017 menjadi 1,8% pada tahun 2021. Meskipun angka ini masih lebih rendah dibandingkan rata-rata nasional, peningkatan prevalensi penyakit diabetes mellitus tersebut menunjukkan bahwa penyakit DM menjadi masalah kesehatan yang semakin serius di Sumatera Barat (Syafni A & Yanti N, 2024).

Diabetes Mellitus (DM) merupakan salah satu penyakit metabolik kronis yang ditandai dengan hiperglikemia akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya. Hiperglikemia kronis pada diabetes diketahui dapat memicu berbagai komplikasi, baik makrovaskular maupun mikrovaskular, yang pada akhirnya menurunkan kualitas hidup penderita. Komplikasi mikrovaskular diantaranya adalah retinopati, nefropati, dan neuropati diabetik. Komplikasi makrovaskular diantaranya adalah arterosklerosis, makroangiopati dan penyakit jantung koroner (IDF, 2025). Diabetes mellitus adalah penyakit yang tersembunyi sebelum muncul gejala yang tampak seperti mudah lapar, haus dan sering buang air kecil. Gejala tersebut seringkali baru disadari ketika pasien sudah merasakan keluhan, sehingga disebut dengan *the silent killer* (Isnaini & Ratnasari, 2018).

Peningkatan gula darah pada penderita diabetes mellitus melebihi batas normal dengan konsentrasi gula darah sewaktu lebih dari 200 mg/dl atau gula darah puasa lebih dari 126 mg/dl merupakan penanda terjadinya hiperglikemia.

Hiperglikemia muncul sebagai gejala yang timbul akibat ketidakmampuan pankreas dalam menghasilkan cukup insulin maupun ketidakmampuan tubuh dalam menggunakan insulin yang dihasilkan dengan baik sehingga menjadi karakteristik penyakit diabetes mellitus (Kementerian Kesehatan RI., 2020).

Klasifikasi etiologis diabetes mellitus menurut *American Diabetes Association*, penyakit diabetes mellitus dibagi dalam 4 jenis yaitu. 1) diabetes mellitus tipe 1 terjadi karena kerusakan pada sel beta pankreas yang menyebabkan defisiensi insulin absolut, 2) diabetes melitus tipe 2 terjadi karena gangguan sekresi insulin disertai resistensi insulin, 3) diabetes melitus gestasional yaitu diabetes yang terdeteksi pertama kali pada trimester 2 atau 3 kehamilan, tanpa adanya riwayat DM sebelumnya, 4) diabetes mellitus tipe lain Sindroma diabetes monogenik, seperti diabetes neonatal, penyakit eksokrin pankreas, seperti fibrosis kistik dan pankreatitis yang dipicu akibat penggunaan obat atau paparan zat kimia (Care & Suppl, 2022)

Kondisi hiperglikemi pada penderita diabetes mellitus dapat menyebabkan terjadinya stres oksidatif (Ávila-Escalante *et al.*, 2020). Stres oksidatif adalah suatu keadaan ketidakseimbangan antara radikal bebas dengan antioksidan dalam tubuh (Agarwal *et al.*, 2014). Stres oksidatif disebabkan oleh pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang melebihi kemampuan sistem pertahanan antioksidan atau menurunnya antioksidan dalam tubuh. Pada kondisi fisiologis normal, antioksidan sebagai sistem pertahanan tubuh dapat melindungi sel dan jaringan untuk melawan ROS (Prawitasari, 2019). Keberadaan ROS tergantung oleh sistem antioksidan yang ada dalam tubuh, tetapi ketika dalam konsentrasi berlebih mereka dapat mengoksidasi protein, lipid, dan DNA (Graille *et al.*, 2020)

Pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) melebihi kemampuan metabolismenya akan mengakibatkan terjadinya stress oksidatif pada tubuh serta kerusakan oksidatif pada jaringan yang dapat menyebabkan penyakit kronis dan komplikasi dasar, diantara komplikasi dasar tersebut adalah angiopati pada sistem pembuluh darah dan neuropati pada sistem syaraf (Sari dkk, 2018). Spesies oksigen reaktif atau ROS sangat berperan dalam proses penuaan dimana *spesies oksigen reaktif* (ROS) terbentuk sebagai produk di bawah kondisi fisiologis normal akibat reduksi parsial molekul oksigen, yaitu anion superoksida ($O_2^{\bullet-}$), radikal hidroksil ($\bullet OH$), hidrogen peroksida (H_2O_2), dan oksigen tunggal (1O_2). Molekul ini dapat muncul dalam banyak cara sebagai produk dari rantai pernapasan di mitokondria dalam fotokimia dan reaksi enzimatik, akibat paparan sinar ultra violet, cahaya, radiasi pengion, atau ion logam berat (Nita & Grzybowski, 2016).

Kondisi stress oksidatif yang diinduksi hiperglikemi pada diabetes mellitus biasa dikaitkan dengan terjadinya peningkatan apoptosis sel endotel secara *in vitro* dan *in vivo*. Keadaan ini dapat dibuktikan dengan berbagai penelitian yang menunjukkan adanya peningkatan pembentukan radikal bebas dan penurunan kapasitas antioksidan pada penderita hiperglikemia (Prawitasari, 2019). Radikal bebas secara kimia adalah atom atau molekul (kumpulan atom) yang memiliki elektron yang tidak berpasangan pada lingkaran luarnya. Elektron yang tidak berpasangan ini menyebabkan instabilitas dan bersifat reaktif. Reaktivitas yang terjadi tergantung pada radikal yang didapatkan. Radikal bebas biasanya terbentuk dalam tubuh kita karena reaksi biokimia. Faktor eksogen atau dari luar

seperti radiasi ultra violet (UV), asap rokok, polusi udara, logam beracun dan pestisida (Halliwell & Gutteridge, 1999).

Kondisi hiperglikemia akan merangsang over produksi superoksida pada mitokondria dan overproduksi *Nitric Oxide* (NO), dimana keduanya dapat menginduksi *Nitric Oxide Synthase* (iNOS) dan *Endothelial Nitric Oxide Synthase* (eNOS). Protein kinase C (PKC) and NF-KB juga diaktifasi dan mendukung overekspresi dari enzim *Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate* NADPH. Enzim NADPH akan menghasilkan sejumlah besar superoksida. Produksi superoksida berlebih yang disertai dengan peningkatan NO akan mendukung terbentuknya oksidan peroksinitrit yang kuat, yang dapat merusak DNA. Adanya kerusakan pada DNA ini selanjutnya akan menstimulus aktivasi dari enzim *Polinuklear Polimerase* (PARP) sehingga terjadi penurunan aktifitas *Glyceraldehyde-3-Phosphate Dehydrogenase* (GAPDH) dan menghasilkan disfungsi endotel yang pada gilirannya akan menyebabkan komplikasi pada diabetes melitus (Prawitasari, 2019).

Radikal Hidroksida ($\bullet\text{OH}$), anion superoksida ($\text{O}_2^{\bullet-}$), hidrogen peroksida (H_2O_2) dan oksigen singlet ($^1\text{O}_2$) sebagai ROS yang dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada makromolekul seluler, termasuk protein, lipid, dan asam nukleat. *Reactive Oxygen Species* dapat diproduksi oleh beberapa sumber endogen dan eksogen, termasuk proses metabolisme, polusi udara, paparan radiasi matahari dan radiasi pengion, gaya hidup, merokok, konsumsi alkohol dan pola makan yang buruk, obat-obatan, dan beberapa pekerjaan. Produksi ROS yang berlebihan menunjukkan dampak negatif pada sistem biologis dengan berfungsi sebagai pembawa pesan kedua dalam pensinyalan seluler dan memengaruhi komponen

alami seperti lipid, protein, dan *Deoxyribonucleic Acid* (DNA) dan dapat menyebabkan kematian sel (Panda *et al.*, 2022).

Studi terbaru menunjukkan pembentukan ROS diperburuk oleh penyakit diabetes mellitus dan makrofag. Kondisi ini menyebabkan kerusakan biomolekul penting seperti lipid, protein, dan DNA. Salah satu indikator kerusakan lipid akibat stres oksidatif adalah peningkatan kadar malondialdehyde (MDA) yang banyak digunakan sebagai biomarker peroksidasi lipid pada kondisi hiperglikemia. Peningkatan kadar MDA menunjukkan adanya kerusakan membran sel yang berkontribusi terhadap progresivitas komplikasi diabetes (Asti *et al.*, 2023). Tingginya kadar MDA dipengaruhi oleh kadar peroksida lipid yang secara tidak langsung menunjukkan tingginya jumlah radikal bebas dan adanya proses oksidasi dalam membran sel. Meningkatnya peroksidasi lipid karena adanya radikal bebas kemudian akan mengalami dekomposisi menjadi malondialdehyde (MDA) dalam darah. Status antioksidan yang tinggi biasanya dapat menyebabkan penurunan kadar MDA. (Zaetun *et al.*, 2019)

Peningkatan produksi ROS dan terjadinya stress oksidatif juga dapat menginduksi kerusakan biomolekul melalui interaksi dengan komponen seluler. Kondisi ini dapat ditandai dengan terbentuknya 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG). Biomarker ini merupakan indikator spesifik kerusakan DNA oksidatif yang dapat memicu mutasi dan disfungsi seluler. Kerusakan DNA akibat stres oksidatif merupakan salah satu faktor penting dalam perkembangan komplikasi kronis diabetes mellitus, karena dapat mengganggu fungsi sel dan jaringan secara sistemik. Penanda atau marker terjadinya kerusakan DNA akibat ROS adalah 8-

hidroksi-2'-deoksiguanosin (8-OHdG) dan perubahan aktivitas enzim perbaikan DNA yaitu *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1) (Graille *et al.*, 2020).

8-Hidroksi-2'-deoksiguanosin (8-OHdG) merupakan produk oksidasi DNA yang dapat terdeteksi dalam darah dan urin. Senyawa ini telah banyak digunakan sebagai biomarker stres oksidatif karena mencerminkan tingkat kerusakan oksidatif DNA, sehingga berperan penting dalam evaluasi kondisi biologis dan patofisiologis berbagai penyakit yang berkaitan dengan stres oksidatif (Graille *et al.*, 2020). Pemantauan 8-OHdG digunakan untuk mengukur efek kerusakan oksidatif pada DNA dari faktor endogen dan eksogen. *8-hydroxy-2'-deoxyguanosine* (8-OHdG) juga digunakan untuk menindaklanjuti perubahan status oksidatif sebagai respons terhadap perubahan gaya hidup seperti olahraga, kebiasaan makan, suplementasi atau manajemen stres. (Urbaniak *et al.*, 2020).

Kerusakan DNA yang diakibatkan oleh stress oksidatif akan direspon oleh tubuh yang sudah memiliki mekanisme perbaikan melalui jalur *base excision repair* (BER), yang melibatkan enzim *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1). Enzim ini berperan dalam mengidentifikasi dan menghilangkan basa DNA yang mengalami oksidasi. Pada kondisi diabetes mellitus dengan adanya stres oksidatif yang cukup lama, kemampuan sistem perbaikan DNA dapat menurun sehingga memperparah kerusakan seluler serta mempercepat terjadinya komplikasi. *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1) adalah glikosilase bifungsional karena mampu memutus ikatan glikosidik dari lesi mutagenik dan menyebabkan putusannya untai pada tulang punggung DNA. *8-oxo-7,8-dihydroguanine* (8-oxoGua) adalah produk teroksidasi paling banyak dalam genom. Keadaan seperti ini dikenali oleh *8-oxoguanine glikosilase1* (OGG1) dan lokasi atau situs abasik

yang dihasilkan diperbaiki melalui jalur perbaikan eksisi basa. Kondisi dibawah tekanan oksidatif aktivitas eksisi OGG1 akan hilang, namun masih mempertahankan kemampuan mengikat dengan substrat. (Xue *et al.*, 2023).

Tubuh manusia secara alami telah memiliki mekanisme pertahanan terhadap radikal bebas, yaitu antioksidan endogen intrasel yang terdiri atas enzim-enzim yang disintesis oleh tubuh seperti super oksida dismutase (SOD), katalase dan glutathion peroksidase. Antioksidan merupakan senyawa yang mendonasikan satu atau lebih elektron kepada senyawa oksidan, kemudian mengubah senyawa oksidan satu atau lebih menjadi stabil. Antioksidan dapat mengeliminasi senyawa radikal bebas di dalam tubuh sehingga tidak menginduksi suatu penyakit (Yin. *et al.*, 2018).

Mekanisme kerja antioksidan dapat melalui dua fungsi yaitu primer dan sekunder. Fungsi primer yaitu dengan memberikan atom hidrogen secara cepat ke radikal lipid atau mengubahnya kedalam bentuk lebih stabil, sementara turunan radikal bebas memiliki keadaan lebih stabil dibandingkan radikal lipid. Fungsi sekunder antioksidan yaitu memperlambat laju antioksidan dengan berbagai mekanisme pemutusan rantai antioksidasi dengan pengubahan radikal lipid kebentuk lebih stabil (Alethea & Ramadhian, 2015).

Pencegahan dan pengelolaan stres oksidatif yang baik dapat meningkatkan kesehatan tubuh. Salah satu penentu utama perlindungan oksidatif adalah konsumsi diet kaya akan antioksidan. Tumbuhan yang kaya akan senyawa fitokimia mengandung antioksidan alami dalam jumlah yang baik dapat digunakan sebagai pilihan alternatif untuk perlindungan oksidatif tersebut (Susanty *et al.*, 2019)

Tanaman obat yang banyak dikonsumsi masyarakat sebagai obat dan mengandung bahan fitokimia salah satunya adalah daun kelor (*Moringa oleifera*). Daun tanaman kelor mengandung antioksidan alami yang kuat dan dapat digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit, melawan stres oksidatif, dan sebagai antimikroba. Daun *Moringa oleifera* memiliki potensi efek penghambatan yang lebih besar terhadap peroksidasi lipid (LPO), oksidasi protein, dan kerusakan DNA dibandingkan buah atau bijinya (Laoung-On *et al.*, 2021).

Hasil uji fitokimia terhadap daun *M. oleifera* teridentifikasi mengandung Alkaloid, Flavonoid, Saponin, Tanin, Terpenoid, Fenolik, Steroid dan Kuinon. Senyawa yang memiliki efek hipoglikemik pada daun tanaman kelor adalah flavonoid. Aktivitas farmakologi yang terdapat pada tanaman kelor yaitu aktivitas antioksidan, antihiperurisemia, analgesik, antikanker, antihiperglikemia, antiinflamasi, antihiperlipidemia, dan antimikroba. Senyawa flavonoid dapat menurunkan kadar glukosa darah dengan mekanismenya sebagai antioksidan dan dapat meningkatkan sensitivitas insulin (Isyraqi *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Susanti dkk (2019) hasil uji dengan metode ekstraksi daun kelor diperoleh kandungan flavonoid terbanyak 245,771 mg/L.

Mekanisme flavonoid sebagai antioksidan yaitu dengan menangkap radikal bebas secara langsung serta mencegah regenerasi radikal bebas yang dapat merusak jaringan tubuh dengan mendonasikan atom hidrogen dari gugus sehingga hidroksilnya terbentuk ikatan stabil antara flavonoid dengan radikal bebas (Akhlaghi & Bandy, 2009). Flavonoid merupakan senyawa penangkap radikal superoksida yang kuat, penangkap radikal hidroksil, serta peredam oksigen singlet yang dapat menyebabkan reaksi berantai pada autooksidasi juga dapat

menghambat pembentukan radikal bebas itu sendiri dengan menghambat aktivitas enzim atau berikatan dengan zat yang berperan dalam pembentukan radikal bebas (Isyraqi *et al.*, 2020)

Flavonoid mempunyai efek hipoglikemik, efek hipoglikemik terpenoid tampak terlibat dalam menstimulasi sel β pankreas dan selanjutnya meningkatkan sekresi insulin (Ratna & Sarjadi, 2015). Flavonoid mempunyai aktivitas sebagai antioksidan yang mampu menekan radikal bebas (ROS). Pada tes toksisitas akut dengan perlakuan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) tidak menyebabkan kematian pada hewan coba, bahkan pada dosis 2.000 mg/kgBB relatif aman sebagai nutrisi dan untuk pengobatan (Mbikay, 2012).

Penelitian yang telah dilakukan masih terbatas pada pengukuran efek antioksidan secara umum atau hanya menggunakan satu parameter biomarker, seperti MDA atau kadar glukosa darah. Kajian yang secara komprehensif menghubungkan antara stres oksidatif, kerusakan DNA (8-OHdG), dan mekanisme perbaikan DNA (OGG1) masih sangat terbatas, khususnya pada model hewan diabetes mellitus. Penelitian yang telah dilakukan tentang efek ekstrak etanol daun kelor terhadap ekspresi insulin dan insulinitis pada tikus diabetes mellitus diperoleh hasil derajat insulinitis dan ekspresi insulin pankreas tikus pada kedua kelompok perlakuan menunjukkan perbedaan bermakna dibanding dengan kelompok kontrol ($p < 0,005$). Penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa ekstrak etanol daun *Moringa oleifera* dosis 250 dan 500 mg/kg BB menyebabkan ekspresi insulin lebih tinggi dan derajat insulinitis lebih rendah dibanding dengan kelompok kontrol (Ratna & Sarjadi dkk, 2015).

Berdasarkan uraian diatas peneliti berasumsi bahwa ekstrak daun tanaman kelor sebagai antioksidan diperkirakan dapat berfungsi untuk meredam radikal bebas dengan cara menghambat kerja radikal bebas. Sebagai antioksidan akan dapat memperbaiki kerusakan pada sel setelah pemberian daun kelor dengan cara melindungi membran sel, protein, lipid dan DNA serta melawan radikal bebas.

Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna mengkaji pengaruh ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar OGG1, 8-OHdG, dan MDA pada tikus (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi dengan aloksan sehingga menjadi diabetes mellitus. Diabetes melitus eksperimental pada tikus yang diinduksi menggunakan aloksan umumnya berkembang dalam waktu 48–72 jam setelah pemberian aloksan. Hiperglikemia terjadi akibat destruksi selektif sel β pankreas oleh aloksan melalui mekanisme stres oksidatif yang menyebabkan penurunan sekresi insulin. Konfirmasi keberhasilan induksi diabetes biasanya dilakukan setelah 72 jam pasca pemberian aloksan dengan mengukur kadar glukosa darah puasa, dimana tikus dinyatakan diabetes apabila kadar glukosa darah mencapai ≥ 200 –250 mg/dL (Ighodaro OM *et al*, 2017).

Pendekatan pengukuran melalui biomarker penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai mekanisme proteksi seluler daun kelor dalam menekan stres oksidatif serta peran tanaman kelor dalam meningkatkan perbaikan DNA dan mengurangi kerusakan DNA. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan terapi komplementer berbasis bahan alam, khususnya dalam upaya pencegahan komplikasi diabetes mellitus melalui pendekatan molekuler yang lebih mendalam.

Maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Uji efektifitas daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1), kadar *8-hydroxy-2'-deoxyguanosine* (8-OHdG) dan *Malondialdehyde* (MDA) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dibuat rumusan beberapa masalah penelitian sebagai berikut :

1. Apakah pemberian ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) ada efek terhadap kadar *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus?
2. Apakah pemberian ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) ada efek terhadap kadar *8-hydroxy-2'-deoxyguanosine* (8-OHdG) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus?
3. Apakah pemberian ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) ada efek terhadap kadar *Malondialdehyde* (MDA) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis efektifitas daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1), kadar *8-hydroxy-2'-deoxyguanosine* (8-OHdG) dan *Malondialdehyde* (MDA) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menganalisis efek pemberian daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Kadar *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus
2. Menganalisis efek pemberian daun delor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar *8-hydroxy-2'-deoxyguanosine* (8-OHdG) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus
3. Menganalisis efek pemberian daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar *Malondialdehyde* (MDA) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi kepada :

1.4.1 Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan karena dapat digunakan sebagai landasan teoritis dan rujukan mengenai Uji Efektifitas daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kadar *8-oxoguanine DNA glycosylase-1* (OGG1), *8-hydroxy-2'-deoxyguanosine* (8-OHdG) dan *Malondialdehyde* (MDA) pada tikus (*Rattus norvegicus*) diabetes mellitus

1.4.2 Bagi Praktisi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah mengenai efektivitas ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan stres oksidatif dan kerusakan DNA pada diabetes melitus. Temuan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan terapi

komplementer berbasis bahan alam serta menjadi referensi bagi praktisi kesehatan dan peneliti dalam upaya pencegahan maupun pengelolaan komplikasi diabetes melitus.

1.4.3 Kepentingan Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai potensi daun kelor sebagai sumber antioksidan alami yang bermanfaat dalam mengurangi dampak stres oksidatif pada diabetes melitus. Melalui hasil penelitian ini dapat mendorong pemanfaatan tanaman lokal yang mudah diperoleh sebagai bagian dari upaya peningkatan kesehatan dan pencegahan komplikasi penyakit kronis, khususnya diabetes mellitus.

