

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diabetes

2.1.1 Definisi Diabetes Melitus

Diabetes Melitus merupakan kondisi kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa dalam darah. Hal ini terjadi karena pankreas tidak mampu menghasilkan insulin atau insulin yang diproduksi tidak dapat digunakan secara optimal oleh tubuh (Yuantari, 2022). Diabetes melitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin atau keduanya (Soelistijo, 2021). Diabetes melitus dapat dianggap sebagai masalah kesehatan global yang terus berkembang seiring dengan meningkatnya prevalensi faktor resiko seperti obesitas, kurangnya aktivitas fisik, dan pola makan yang tidak sehat.

Berdasarkan data dari International Diabetes Federation (IDF) hingga pada tahun 2021 jumlah penderita diabetes melitus berjumlah 536,6 juta orang atau sekitar 10,5% populasi manusia dan diperkirakan akan meningkat pada tahun 2045 menjadi 783,2 juta orang atau sekitar 12,2% populasi manusia. Perkiraan diabetes pada tahun 2021 menunjukkan peningkatan prevalensi diabetes berdasarkan usia. Tren serupa diperkirakan akan terjadi 2045. Prevalensi terendah terjadi pada orang dewasa berusia 20–24 tahun (2,2% pada tahun 2021). Di antara orang lansia prevalensi diabetes pada usia 75-79 tahun diperkirakan sebesar 24,0% pada tahun 2021 dan diperkirakan akan meningkat menjadi 24,7% pada tahun 2045 (International Diabetes Federation, 2021).

2.1.2 Klasifikasi Diabetes Melitus

Secara Umum Diabetes melitus diklasifikasikan menjadi 4 kelompok yaitu (Soelistijo, 2021):

1. Diabetes Melitus Tipe 1: Terjadi akibat destruksi sel beta pankreas, umumnya berhubungan dengan defisiensi insulin absolut yang disebabkan autoimun dan idiopatik.

2. Diabetes Melitus Tipe 2 : Penyebabnya bervariasi, mulai dari resistensi insulin disertai defisiensi insulin relatif sampai yang dominan defek sekresi insulin disertai resistensi insulin.
3. Diabetes Melitus Gestasional : Diabetes yang didiagnosis pada trimester kedua atau ketiga kehamilan dimana sebelum kehamilan tidak didapatkan diabetes
4. DM Tipe Spesifik : Berkaitan dengan penyebab lain seperti Sindroma diabetes monogenik (diabetes neonatal, maturity - onset diabetes of the young [MODY]), Penyakit eksokrin pankreas (fibrosis kistik, pankreatitis), Disebabkan oleh obat atau zat kimia (misalnya penggunaan glukokortikoid pada terapi HIV/AIDS atau setelah transplantasi organ)

2.1.3 Etiologi Diabetes Melitus

Diabetes disebabkan oleh kombinasi faktor genetik dan lingkungan. Faktor penyebab lainnya meliputi gangguan sekresi atau fungsi insulin, kelainan metabolik yang menghambat produksi insulin, disfungsi mitokondria, serta berbagai kondisi lain yang mempengaruhi toleransi glukosa. Selain itu, diabetes mellitus dapat berkembang akibat penyakit pada pankreas eksokrin, terutama ketika sebagian besar *islet* pankreas mengalami kerusakan. Hormon yang berperan sebagai antagonis insulin juga dapat berkontribusi terhadap perkembangan diabetes (Lestari et al., 2021).

Resistensi insulin pada otot adalah kelainan yang paling awal terdeteksi dari diabetes tipe 1. Faktor-faktor yang menyebabkan resistensi insulin antara lain obesitas atau kelebihan berat badan, kelebihan glukokortikoid (seperti pada sindrom Cushing atau terapi steroid), kelebihan hormon pertumbuhan (akromegali), kehamilan, diabetes gestasional, sindrom ovarium polikistik, serta lipodistrofi, baik yang didapat maupun genetik, yang berkaitan dengan akumulasi lemak di hati. Selain itu, resistensi insulin juga dapat disebabkan oleh autoantibodi terhadap reseptor insulin, mutasi pada reseptor insulin, mutasi pada *peroxisome proliferator-activated receptor gamma* (PPAR γ), mutasi genetik yang menyebabkan obesitas (seperti mutasi reseptor melanokortin), serta hemokromatosis, yaitu penyakit keturunan yang menyebabkan penumpukan zat

besi di jaringan tubuh. Pada diabetes tipe I, sel beta pankreas mengalami kerusakan akibat proses autoimun, sehingga produksi insulin terhenti. Akibatnya, terjadi hiperglikemia puasa karena hati terus memproduksi glukosa tanpa kontrol. Glukosa dari makanan tetap berada dalam darah, menyebabkan hiperglikemia postprandial, namun tidak dapat disimpan di hati. Jika kadar glukosa darah terlalu tinggi, ginjal tidak mampu menyerap seluruhnya, sehingga glukosa diekskresikan dalam urine (*glukosuria*). Proses ini menyebabkan diuresis osmotik, di mana ekskresi glukosa disertai kehilangan cairan dan elektrolit berlebih, yang memicu sering buang air kecil (*poliuria*) dan rasa haus berlebihan (*polidipsia*) (Denggoss, 2023).

Kekurangan insulin juga dapat mengganggu metabolisme protein dan lemak, yang berujung pada penurunan berat badan. Tanpa insulin, kelebihan protein dalam darah tidak dapat disimpan di jaringan. Selain itu, metabolisme lemak meningkat drastis, terutama di antara waktu makan ketika kadar insulin rendah. Namun, pada penderita diabetes mellitus, peningkatan metabolisme lemak tetap terjadi meskipun sekresi insulin meningkat. Untuk mengatasi resistensi insulin dan mencegah lonjakan kadar glukosa dalam darah, diperlukan pengelolaan diabetes yang tepat.

Diabetes umumnya disebabkan oleh faktor genetik serta pola hidup seseorang. Selain itu, faktor lingkungan sosial dan akses terhadap layanan kesehatan juga dapat berkontribusi terhadap perkembangan diabetes dan komplikasinya. Penyakit ini dapat memengaruhi berbagai sistem organ dalam tubuh seiring waktu, yang dikenal sebagai komplikasi. Komplikasi diabetes terbagi menjadi dua jenis, yaitu mikrovaskular dan makrovaskular. Komplikasi mikrovaskular mencakup kerusakan saraf (neuropati), kerusakan ginjal (nefropati), dan gangguan pada mata (retinopati). Selain itu, individu berusia 40-60 tahun memiliki risiko lebih tinggi terkena penyakit ini (Denggoss, 2023).

2.1.4 Diagnosis Diabetes Mellitus

Diagnosis Diabetes Mellitus didasarkan pada pemeriksaan kadar glukosa darah. Pengukuran kadar glukosa darah yang disarankan adalah metode enzimatis menggunakan sampel plasma darah vena. Pemantauan efektivitas pengobatan

dapat dilakukan dengan glukometer. Keberadaan glukosa dalam urine (glukosuria) tidak dapat dijadikan dasar untuk menegakkan diagnosis DM. Berbagai gejala dapat muncul pada pasien diabetes (Soelistijo, 2021). Dugaan adanya diabetes melitus perlu dipertimbangkan apabila pasien mengalami keluhan-keluhan khas, seperti poliuria (sering buang air kecil), polidipsia (sering merasa haus), polifagia (sering merasa lapar), serta penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan penyebabnya. Selain itu, keluhan lain yang juga dapat mengindikasikan kemungkinan DM meliputi rasa lemah pada tubuh, kesemutan, gatal-gatal, penglihatan kabur, dan disfungsi ereksi pada pria. Pada wanita, pruritus vulva (gatal pada area genital) juga dapat menjadi tanda yang perlu diwaspadai. Keluhan-keluhan tersebut penting untuk dikenali secara dini guna mendukung diagnosis dan penatalaksanaan diabetes melitus yang tepat.

Diagnosis diabetes melitus dapat ditegakkan apabila hasil pemeriksaan glukosa plasma puasa menunjukkan nilai ≥ 126 mg/dL, dengan syarat puasa dilakukan minimal selama 8 jam tanpa asupan kalori. Alternatif lainnya adalah melalui pemeriksaan glukosa plasma dua jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) dengan beban 75 gram glukosa, yang menunjukkan kadar ≥ 200 mg/dL. Diagnosis juga dapat ditegakkan apabila glukosa plasma sewaktu ≥ 200 mg/dL disertai dengan keluhan klasik diabetes melitus atau adanya krisis hiperglikemia. Selain itu, pemeriksaan kadar HbA1c $\geq 6,5\%$ juga dapat digunakan sebagai kriteria diagnosis, dengan catatan bahwa metode yang digunakan telah terstandarisasi oleh *National Glycohaemoglobin Standardization Program* (NGSP) dan *Diabetes Control and Complications Trial* (DCCT) assay.

Hasil pemeriksaan kadar glukosa darah yang tidak memenuhi kriteria normal maupun kriteria diabetes melitus digolongkan ke dalam kelompok prediabetes, yang mencakup dua kondisi utama, yaitu glukosa darah puasa terganggu (GDPT) dan toleransi glukosa terganggu (TGT). GDPT ditandai dengan hasil glukosa plasma puasa berada di antara 100 hingga 125 mg/dL, sementara hasil pemeriksaan glukosa plasma dua jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) tetap < 140 mg/dL. Sementara itu, TGT ditandai dengan kadar glukosa plasma dua jam setelah TTGO berada antara 140 hingga 199 mg/dL, dengan kadar glukosa puasa < 100 mg/dL. Dalam beberapa kasus,

individu dapat menunjukkan kedua kondisi tersebut secara bersamaan, yaitu GDPT dan TGT. Selain itu, diagnosis prediabetes juga dapat ditegakkan melalui pemeriksaan kadar HbA1c yang berada pada rentang 5,7% hingga 6,4%.

2.1.5 Komplikasi Diabetes Melitus

Diabetes Melitus dapat berdampak buruk pada fungsi hampir setiap organ tubuh manusia. Komplikasi yang dapat ditimbulkan oleh diabetes melitus antara lain:

1. Penyakit Jantung

Kadar gula darah tinggi merusak pembuluh darah, termasuk di jantung, menyebabkan penyakit jantung, stroke, serangan jantung, dan penyempitan arteri (aterosklerosis). Kontrol gula darah dan faktor risiko lain dapat mencegah atau menunda komplikasi kardiovaskular. Komplikasi lain meliputi gangguan pendengaran, Alzheimer, depresi, serta masalah gigi dan mulut. Kepatuhan pengobatan sangat penting untuk mencegah komplikasi ini. Makroangiopati diabetik, yang ditandai aterosklerosis, disebabkan oleh penimbunan sorbitol, hiperlipoproteinemia, dan kelainan pembekuan darah, yang akhirnya menyumbat pembuluh darah (Rumiris Simatupang ; Kristina Mita, 2023).

2. Gagal Ginjal

Gagal Ginjal Kronik adalah kondisi klinis yang ditandai dengan kerusakan ginjal yang berlangsung secara progresif dan tidak dapat dipulihkan. Kondisi ini disebabkan oleh berbagai penyakit yang berkembang secara perlahan, sehingga ginjal kehilangan kemampuannya dalam menjaga metabolisme tubuh serta keseimbangan cairan dan elektrolit, terutama saat terjadi uremia.

Diabetes melitus dapat memicu terjadinya gagal ginjal kronik akibat hiperglikemia yang menyebabkan gangguan pada glomerulus. Kondisi ini mengakibatkan perubahan pada membran basalis glomerulus dengan adanya proliferasi sel mesangium. Akibatnya, terjadi glomerulosklerosis dan penurunan aliran darah, yang kemudian berdampak pada perubahan permeabilitas membran basalis glomerulus, ditandai dengan munculnya albuminuria. Pasien dengan kadar albumin yang meningkat lebih berisiko mengalami gagal ginjal. Peningkatan albumin ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko, salah satunya adalah

diabetes melitus. Kadar gula darah yang tinggi bereaksi dengan protein, sehingga mengubah struktur dan fungsi sel, termasuk membran basalis glomerulus. Akibatnya, penghalang protein mengalami kerusakan, menyebabkan kebocoran protein ke dalam urine (mikroalbuminuria) (Suherman et al., 2023).

3. Retinopati

Retinopati diabetik adalah salah satu komplikasi mikroangiopati yang terjadi akibat diabetes melitus. Kondisi ini memengaruhi pembuluh darah di retina, menyebabkan kerusakan serta penyumbatan pada pembuluh darah tersebut. Retinopati diabetik adalah salah satu penyebab utama penurunan penglihatan pada penderita diabetes melitus. Dalam dekade terakhir, ditemukan bahwa edema makula merupakan komplikasi dari retinopati diabetik yang berperan signifikan dalam menyebabkan kebutaan pada penderita diabetes. Edema makula terjadi akibat kerusakan sawar pembuluh darah retina, yang mengakibatkan kebocoran cairan dan penumpukan di lapisan intraretinal, sehingga menyebabkan penebalan pada makula.

4. Stroke

Diabetes mellitus dapat menyebabkan stroke iskemik karena terbentuknya plak aterosklerotik pada dinding pembuluh darah yang disebabkan oleh gangguan metabolisme glukosa sistemik. Diabetes mellitus mempercepat kejadian aterosklerosis (penimbunan plak lemak, kolesterol, dan zat lain dalam dinding pembuluh darah) baik pada pembuluh darah kecil maupun pembuluh darah besar di seluruh pembuluh darah, termasuk pembuluh darah otak

2.1.6 Pemeriksaan Diabetes Melitus

Diagnosis Diabetes Mellitus dilakukan melalui berbagai tes laboratorium untuk menilai kadar glukosa darah dan fungsi metabolik tubuh. Diagnosis tidak dapat ditegakkan atas dasar adanya glukosuria. Kecurigaan adanya DM perlu dipikirkan apabila terdapat berbagai macam keluhan. Pemeriksaan yang umum dilakukan adalah pemeriksaan Glukosa darah menggunakan Glukometer dan spektrofotometer yang menggunakan serum atau plasma.

1. Pemeriksaan Glukosa Darah menggunakan Glukometer

Pemeriksaan glukosa darah yang dianjurkan adalah pemeriksaan glukosa secara enzimatik. Pada umumnya pemeriksaan glukosa darah menggunakan alat glukometer. Glukometer yang digunakan sebaiknya glukometer yang sudah terstandarisasi sesuai dengan ISO-15197 tahun 2013 (Made, 2021). Glukometer yang digunakan untuk pemeriksaan glukosa darah harus memenuhi sejumlah standar penting. Alat ini harus mudah digunakan, dipelihara, dan dibersihkan sehingga dapat digunakan secara praktis dan efisien. Selain itu, tampilan layar pada glukometer harus jelas dan hasil pemeriksaan yang ditampilkan harus dapat terbaca dengan mudah tanpa menimbulkan kesalahan interpretasi. Dari segi keamanan dan keandalan, glukometer harus dirancang agar tidak menimbulkan risiko aliran listrik kepada pengguna serta memiliki ketahanan terhadap guncangan, getaran, dan panas. Di samping itu, alat ini juga harus memiliki akurasi dan presisi yang tinggi agar hasil pemeriksaan glukosa darah dapat diandalkan.

2. Pemeriksaan Glukosa Darah Menggunakan Spektrofotometer

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan sebagai standar dalam pemeriksaan klinis dan dikenal memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan dengan prinsip enzimatik yang secara spesifik bekerja terhadap glukosa, di mana glukosa dikonversi melalui reaksi enzimatik menjadi produk akhir. Produk ini kemudian menghasilkan perubahan warna (reaksi kolorimetri) yang dapat dianalisis menggunakan spektrofotometri (Andreas et al., 2024). Spektrofotometer menggunakan serum atau plasma sehingga tidak dipengaruhi sel-sel darah seperti pada sampel whole blood. Penggunaan alat spektrofotometer yaitu membutuhkan sampel menggunakan serum sehingga memerlukan lebih banyak darah dan dalam pengerjaannya memerlukan waktu yang lama (Fajarna et al., 2022).

2.2 Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

2.2.1 Deskripsi Tanaman Kelor

Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) berasal dari India dan Arab, kemudian menyebar ke berbagai wilayah. Tanaman ini dikenal karena pertumbuhannya yang

cepat, umur panjang, kemampuan berbunga sepanjang tahun, serta ketahanannya terhadap cuaca panas ekstrem. Kelor berasal dari daerah tropis dan subtropis di Asia Selatan. Di Indonesia, pohon kelor sering ditanam sebagai pagar hidup, baik di sepanjang ladang maupun tepi sawah, dan berperan sebagai tanaman penghijau. Selain itu, kelor juga dikenal sebagai tanaman obat yang berkhasiat, di mana seluruh bagiannya, mulai dari daun, kulit batang, biji, hingga akar, dapat dimanfaatkan. Berbagai penelitian telah mengungkap manfaat kelor untuk kesehatan, seperti sifat antijamur, antioksidan, antibakteri, antiradang, diuretik, dan sebagai hepatoprotektor. Tanaman ini sering dimanfaatkan sebagai sumber pangan dan obat-obatan di Indonesia. Pohon kelor memiliki beberapa julukan, seperti *The Miracle Tree*, *Tree for Life*, dan *Amazing Tree*. Julukan-julukan tersebut diberikan karena hampir seluruh bagian pohon kelor, mulai dari daun, buah, biji, bunga, kulit, batang, hingga akar, memiliki manfaat yang sangat luar biasa (Britany & Sumarni, 2020).

Moringa oleifera adalah pohon kecil hingga sedang yang tumbuh cepat di tanah berpasir dengan drainase baik, ideal pada ketinggian ± 500 mdpl. Daunnya trifoliat, bunga bertangkai 10–25 cm, dan buahnya berbentuk polong. Batangnya tumbuh lurus dengan cabang tidak beraturan dan kanopi menyerupai payung. Bijinya cokelat dengan kulit semi-permeabel, menghasilkan 15.000–25.000 biji per tahun. Taksonominya: Kerajaan Plantae, Famili Moringaceae, Genus *Moringa*, Spesies *oleifera* (Pareek et al., 2023).

2.2.2 Kandungan Nutrisi dan Senyawa Bioaktif Tanaman Kelor

1. Nutrisi pada Tanaman Kelor

Berdasarkan hasil penelitian Daun kelor muda (dari tangkai kedua di bawah pucuk hingga tangkai kesembilan atau kesepuluh) mengandung protein sebesar 28,25%, beta karoten (provitamin A) sebanyak 11,93 mg Kandungan β -karoten pada ekstrak daun kelor juga melindungi membran lipid dari peroksidasi dan sekaligus menghenti-kan reaksi rantai dari radikal bebas, kalsium (Ca) 2241,19 mg, zat besi (Fe) 36,91 mg, dan magnesium (Mg) 28,03 mg. Kandungan vitamin C pada kelor tujuh kali lipat lebih tinggi dibandingkan jeruk Dimana vitamin C merupakan antioksidan alami yang memiliki aktivitas

antioksidan yang paling tinggi dan yang berfungsi sebagai inhibitor untuk menghambat oksidasi dengan cara bereaksi dengan radikal bebas reaktif membentuk radikal bebas tak reaktif yang relatif stabil, sementara vitamin A-nya empat kali lebih banyak daripada wortel. Kalsiumnya setara dengan empat gelas susu sapi, dan proteinnya dua kali lipat lebih tinggi daripada yoghurt (Sari & Nurhayati, 2022; Tjong et al., 2021).

2. Senyawa Bioaktif pada Tanaman Kelor

Tanaman kelor juga memiliki senyawa aktif pada bagian daunnya, senyawa aktif itu ialah fenolik dan flavonoid yang dapat berfungsi sebagai senyawa antioksidan yang tinggi, bahkan melebihi aktivitas antioksidan yang terdapat pada strawberry. Ekstrak daun kelor juga mengandung beta-sitosterol, yang berperan dalam menurunkan kadar kolesterol dengan mengurangi konsentrasi LDL dalam darah serta menghambat penyerapan kembali kolesterol yang berasal dari dalam tubuh. Flavonoid dan polifenol yang terkandung dalam daun kelor secara signifikan dapat meningkatkan aktivitas Superoxide Dismutase (SOD) dan katalase, sekaligus menurunkan kadar lipid peroksidase, yang pada akhirnya berkontribusi dalam menurunkan kadar kolesterol (Sari & Nurhayati, 2022; Tjong et al., 2021).

2.2.3 Potensi Terapeutik Tanaman Kelor

Studi farmakologi terbaru menunjukkan bahwa berbagai ekstrak *Moringa oleifera* memiliki beragam aktivitas farmakologis, termasuk sebagai antimikroba, antijamur, antiinflamasi, antioksidan, antikanker, meningkatkan kesuburan, mempercepat penyembuhan luka, serta beberapa aktivitas farmakologis lainnya.

1. Anti Inflamasi/Peradangan

Ekstrak daun kelor memiliki kandungan analgesik yang lebih baik dengan kandungan flavonoid. Penelitian yang dilakukan oleh Widiyanto et al. (2020) dengan total 40 responden menemukan bahwa terdapat penurunan skala nyeri setelah diberikan intervensi pada lansia dalam bentuk kompres hangat daun kelor yang diberikan sekali sehari di pagi hari selama 20 menit, dialokasikan selama tiga hari berturut-turut. Sebelum intervensi, nilai minimum skala nyeri adalah 4, maksimum 6, dan rata-rata 5,12. Flavonoid ini berfungsi sebagai analgesik yang

menghambat kerja enzim siklooksigenase dan lipoksigenase sehingga dapat mengganggu sintesis prostaglandin dan mengurangi nyeri (Dewa et al., 2023).

2. Aktivitas Kardiovaskular

Salah satu faktor risiko utama penyakit kardiovaskular adalah tingginya kadar kolesterol dalam darah atau hiperkolesterolemia. Jika jumlahnya berlebihan, dapat memicu berbagai gangguan kesehatan, termasuk penyakit kardiovaskular. Salah satu pengobatan tradisional yang dipercaya dapat menurunkan kadar kolesterol adalah daun kelor (*Moringa oleifera*). Daun ini mengandung flavonoid, yang berperan penting dalam membantu menurunkan kadar kolesterol dalam darah.

Ekstrak daun *Moringa oleifera* mengandung β -karoten yang melindungi membran lipid dari peroksidasi dan radikal bebas. Beta sitosterol dalam ekstrak ini membantu menurunkan kolesterol dengan mengurangi LDL dan menghambat penyerapan kolesterol endogen. Flavonoid dan polifenolnya meningkatkan aktivitas enzim SOD dan katalase serta menurunkan lipid peroksidase, berkontribusi pada penurunan kadar kolesterol (Tjong et al., 2021).

3. Aktivitas Analgesik dan Antipiretik

Ekstrak daun *Moringa* menunjukkan aktivitas analgesik pada hampir semua bagian pohon dalam model hewan sentral dan perifer. Berbagai fraksi ekstrak alkohol, seperti petroleum eter, n-butanol, etil asetat, dan dimetil eter, terbukti memiliki aktivitas analgesik yang lebih kuat dibandingkan aspirin standar (Pareek et al., 2023). *Moringa oleifera* membantu penyembuhan luka pada penderita diabetes melitus tipe 2. Penelitian (Rahina, 2021) menunjukkan bahwa gel ekstrak daun kelor 15% mempercepat penyembuhan luka gingiva pada tikus Wistar pasca kuretase. Flavonoid berperan dalam tahap inflamasi melalui sifat antibakteri dan antiinflamasi, sementara flavonoid, saponin, dan tanin meningkatkan aktivitas fibroblas pada fase proliferasi.(Rahina, 2021).

4. Aktivitas Penurunan Kadar Gula Darah

Rebusan daun *Moringa oleifera* dapat menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus. Kandungan beta-karoten berfungsi sebagai antioksidan, vitamin C membantu menormalkan hormon insulin, asam

askorbat mendukung sekresi insulin, dan vitamin E melindungi tubuh dari risiko diabetes (Age, 2021).

Flavonoid dalam *Moringa oleifera* berperan sebagai antioksidan yang menurunkan gula darah dengan mencegah apoptosis sel beta pankreas dan mengurangi resistensi insulin. Quercetin dalam flavonoid menghambat penyerapan glukosa dan fruktosa di usus. Selain itu, saponin dalam daun kelor berfungsi sebagai antidiabetik dengan menghambat enzim α -glukosidase, memperlambat penyerapan glukosa, dan menurunkan kadar gula darah (Astuti et al., 2024).

2.2.4 Manfaat Tanaman Kelor sebagai Pengobatan diabetes

Daun kelor memiliki berbagai manfaat kesehatan, salah satu yang potensial adalah membantu mencegah diabetes. Selain itu, daun ini sering dikonsumsi sebagai sayuran dan diketahui dapat meningkatkan produksi ASI pada ibu menyusui. Penelitian lain menunjukkan bahwa mengonsumsi sekitar 50 gram daun kelor kering yang dicampurkan ke dalam makanan dapat menurunkan kadar gula darah hingga 21%. Temuan ini semakin menguatkan bukti ilmiah bahwa daun kelor berperan dalam menurunkan kadar gula darah yang berkontribusi terhadap diabetes. Selain itu, daun kelor (*Moringa oleifera*) juga bermanfaat dalam mencegah diabetes, mengurangi peradangan akibat infeksi, bersifat antiinflamasi, menurunkan kadar kolesterol, serta melawan radikal bebas yang terkait dengan penyakit kronis (Yohandini et al., 2024).

Kandungan yang terdapat pada daun kelor antara lain protein, lemak, mikro dan makro mineral dan senyawa fenol. Daun kelor juga memiliki kandungan antioksidan seperti flavonoid, vitamin A, vitamin E, vitamin C dan juga mengandung selenium yang dapat membantu menurunkan kadar gula darah pada tubuh. Beta-karoten, yang merupakan bagian dari vitamin A dan berfungsi sebagai antioksidan untuk melindungi tubuh dari radikal bebas serta berbagai penyakit. Selain itu, vitamin C berperan dalam membantu menormalkan hormon insulin pada penderita diabetes melitus (Age, 2021). Penelitian mengenai aktivitas tanaman kelor telah dilakukan sebelumnya oleh Yenny Safitri pada tahun 2017, yang menunjukkan adanya perbedaan kadar glukosa darah sebelum dan

setelah mengonsumsi rebusan daun kelor. Menurut penelitian tersebut, kandungan flavonoid dalam daun kelor berperan dalam meningkatkan metabolisme glukosa dan mengubahnya menjadi energi. Proses ini juga meningkatkan sensitivitas sel terhadap insulin, sehingga kadar glukosa dalam darah dapat menurun (Nugroho & Pertiwi, 2020).

2.3 Klasifikasi Umur Manusia

Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 2009, kategori umur manusia dibagi ke dalam beberapa tahapan (Sonang et al., 2019). Tahapan tersebut meliputi masa balita pada usia 0 hingga 5 tahun, kemudian masa kanak-kanak pada usia 5 hingga 11 tahun. Selanjutnya, masa remaja dibagi menjadi dua, yaitu masa remaja awal pada usia 12 hingga 16 tahun dan masa remaja akhir pada usia 17 hingga 25 tahun. Setelah itu, terdapat masa dewasa awal yang mencakup usia 26 hingga 35 tahun, serta masa dewasa akhir pada usia 36 hingga 45 tahun. Memasuki usia lanjut, terdapat masa lansia awal pada rentang usia 46 hingga 55 tahun dan masa lansia akhir pada usia 56 hingga 65 tahun. Terakhir, kategori usia manusia diakhiri dengan masa manula yang dimulai dari usia 65 tahun ke atas (Sonang et al., 2019).