

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Dasar Diabetes Melitus

Ketika insulin digunakan secara tidak efisien oleh tubuh atau tidak diproduksi secara memadai oleh pankreas, maka akan timbul penyakit kronis yang dikenal sebagai diabetes melitus (PERKENI, 2021). Hiperglikemia, atau glukosa darah tinggi, adalah komplikasi yang paling umum dari diabetes melitus yang tidak terkontrol. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai sistem tubuh, termasuk pembuluh darah dan neuron, dari waktu ke waktu (WHO, 2019).

Organisasi Kesehatan Dunia melaporkan bahwa dua jenis diabetes melitus yang paling sering terjadi adalah tipe 1 dan tipe 2 (WHO, 2019). Pada diabetes tipe 1, gejalanya meliputi penghancuran sel β pankreas yang disebabkan oleh proses autoimun dan kekurangan insulin absolut. Tanda-tanda tambahan dari diabetes tipe 1 termasuk asam glutamat dekarboksilase, sel Langerhans, atau antibodi insulin yang ditemukan melalui proses autoimun yang menghancurkan sel β pankreas (Baynest, 2015). Di sisi lain, obesitas visceral yang terkait dengan diabetes tipe 2 diakibatkan oleh resistensi insulin tubuh pasien. Terdapat peningkatan risiko hipertensi dan hiperkolesterolemia pada pasien diabetes tipe 2. Faktor-faktor yang meningkatkan kemungkinan terkena diabetes tipe 2 termasuk kelebihan berat badan, usia lanjut, tidak berolahraga, dan memiliki riwayat penyakit dalam keluarga (PERKENI, 2021).

Jika seseorang memiliki kedua faktor risiko ini, mereka lebih beresiko terkena diabetes tipe 2, khususnya:

1. Usia (lebih dari 40 tahun), riwayat keluarga dengan diabetes melitus, gula darah tinggi selama kehamilan, dan riwayat ibu yang melahirkan bayi dengan berat badan lebih dari 4 kg atau kurang dari 2,5 kg adalah faktor risiko yang tidak dapat diubah (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).
2. Faktor resiko yang dapat diubah antara lain kelebihan berat badan ($BMI \geq 23$ kg/m²), kurangnya aktivitas fisik, memiliki tekanan darah tinggi ($>140/90$ mmHg), profil lipid yang buruk (trigliserida >250 mg/dL dan kolesterol HDL <35 mg/dL pada pria dan <45 mg/dL pada wanita), riwayat keluarga dengan penyakit DM, pola makan yang tidak sehat, tinggi gula dan rendah serat, merokok, dan berada di sekitar asap rokok (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).

Proses terjadinya diabetes melitus didasari oleh dua faktor yaitu:

1. Sel β pankreas terganggu menyebabkan produksi insulin menurun.
2. Reseptor (hati dan otot) terganggu menyebabkan intoleransi insulin reseptor (PERKENI, 2021).

Ketidakaktifan transporter glukosa, yang juga dikenal sebagai *Glucose Transporter* (GLUT), disebabkan oleh defisiensi insulin dan resistensi reseptor insulin. Ketika terjadi penumpukan glukosa dalam ruang pembuluh darah yang sering dikenal sebagai hiperglikemia, GLUT menjadi tidak aktif sehingga tidak dapat mentransfer glukosa dari pembuluh darah ke dalam sel (Tandra, H, 2014).

Hiperglikemia kronis menyebabkan hiperglisolia. Hiperglisolia terjadi pada sejumlah sel di antaranya retina, nefron, otot jantung, sel schwann atau sel myelin, dan endotel (pembuluh darah). Masuknya glukosa ke dalam sel retina, nefron, otot jantung, sel schwann atau sel myelin, dan endotel (pembuluh darah) menimbulkan terjadinya retinopati, nefropati diabetik, penyakit pembuluh darah coroner dan kardiomiopati, neuropati diabetik, penyakit pembuluh darah perifer, dan kaki diabetik (Waspadji, 2014).

B. Konsep Kelembaban Kulit Kaki Pada Diabetes Melitus

1. Pengertian kelembaban kulit kaki

Keringat dan kelenjar mukosa pada permukaan kulit bekerja sama untuk menjaga kelembaban kulit (D.Ginty, 2022). Bagian integral dari fungsi kulit adalah menjaga kelembaban epidermis. Dengan mencegah tubuh menyerap terlalu banyak air dan zat terlarut lingkungan lainnya dan dengan menunda aliran air keluar dari dalam, hal ini membantu menjaga homeostasis internal (Rong Jin., 2022).

Peningkatan *Transepidermal Water Loss* (TEWL) akibat penyakit kulit yang melepaskan uap air ke atmosfer menyebabkan kelembaban kulit menurun. Karena kandungan lipid stratum korneum berubah, diferensiasi epidermis melambat, dan kelembaban kulit menurun seiring bertambahnya usia (Howard I., 2022).

Memperbaiki kehilangan air dari ruang subkutan dan mencegah penyerapan air atau cairan lain yang bersentuhan dengan permukaan kulit untuk mencapai mekanisme perlindungan kelembaban kulit (M.Kligman, 2020). Sebagai hasil dari mekanisme perlindungan kulit, keadaan kulit akan

memperoleh kelembaban pada lapisan stratum korneum dengan memperlambat kehilangan air dari ruang subkutan.

2. Faktor penyebab penurunan kelembaban kulit kaki pada pasien diabetes melitus

Sebuah studi yang dilakukan pada tahun 2020 di Puskesmas I Denpasar Selatan mengidentifikasi variabel-variabel berikut sebagai kontributor utama dalam masalah kelembaban kulit kaki pasien diabetes: durasi diabetes melitus, hiperglikemia, usia, hemoglobin glikosilasi (HbA1c), dan kadar glukosa darah yang tidak terkontrol (Adiputra, dkk, 2020). Penelitian ini sejalan dengan penelitian di Puskesmas I Denpasar Utara yang melaporkan bahwa 84,5% pasien dengan neuropati perifer dan 29% dari semua pasien memiliki disfungsi sudomotor, hal ini terkait dengan kontrol glikemik yang lebih buruk, durasi diabetes yang lebih lama, kadar HbA1c yang lebih tinggi (Sukarja, dkk, 2022).

a. Lama menderita diabetes melitus

Peluang pasien diabetes untuk mengalami masalah meningkat seiring dengan lamanya menderita DM (Al-Rubean, 2015). Neuropati ditemukan sebanyak 35-40% pada pasien diabetes yang menderita DM lebih dari tiga tahun, dan 70-80% pasien diabetes yang menderita DM lebih dari lima tahun. Menurut penelitian lain, 62,9% partisipan menderita diabetes melitus selama 10 tahun atau kurang, dan 37,1% menderita diabetes melitus lebih dari 10 tahun. Penelitian ini mengungkapkan bahwa ada lebih banyak responden dengan DM yang berlangsung kurang dari 10 tahun daripada mereka yang menderita DM yang berlangsung lebih dari 10 tahun. Pasien diabetes

mengalami hal ini karena gangguan pada sel saraf, khususnya akson, membran mielin, dan sel schwann. Gangguan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan akson, demielinasi segmental, dan penebalan membran basal yang menutupi permukaan sel schwann (Ardiyanti, 2014).

b. Hiperglikemia

Ada beberapa mekanisme DM yang dapat berdampak pada kulit. Kondisi hiperglikemia memiliki dampak yang signifikan terhadap homeostasis kulit, dengan menurunkan sintesis oksida nitrat, memicu kematian sel endotel, membatasi biosintesis protein, proliferasi dan fungsi normal keratinosit. Terlepas dari bahaya langsung yang disebabkan oleh hiperglikemia, peningkatan kadar glukosa juga mengakibatkan produksi *Advanced Glycation End Products* (AGEs). Penyakit kulit dan konsekuensi lain dari diabetes dapat dikaitkan dengan interaksi biokimiawi AGEs. Kolagen menjadi kurang fleksibel dan lebih kaku akibat perubahan yang disebabkan oleh AGEs terhadap sifat-sifatnya. Manajemen glikemik yang tidak memadai dikaitkan dengan kelainan kulit pada 94% individu (Kee, 2014).

c. Usia

Seiring bertambahnya usia, frekuensi dan tingkat keparahan kulit kering akan meningkat. Seiring dengan penuaan, terjadi banyak perubahan pada kulit, termasuk epidermis yang lebih tipis, suplai makanan, darah, dan cairan yang mengalami penurunan, penyembuhan luka dan respons imunologis yang lebih lambat, termoregulasi yang lebih buruk, kelenjar minyak dan keringat yang lebih sedikit. Di tingkat seluler, terjadi penurunan produksi lipid dan natural *moisturizing factor* di stratum korneum (Bianti, 2016). Masalah

Diabetes Melitus (DM) lebih sering terjadi pada mereka yang berusia 45 tahun ke atas (PERKENI, 2015).

d. Kadar HbA1c

Kadar HbA1c yang normal adalah kurang dari 7% jika menggunakan metode yang telah distandardisasi oleh *National Glycohemoglobin Standardization Program* (NGSP). Pasien dengan diabetes melitus yang tidak terkontrol dan peningkatan kadar HbA1c lebih dari 7%, berisiko tinggi mengalami komplikasi jangka panjang, seperti neuropati otonom (AL-Madani, K, 2016).

3. Patofisiologi penurunan kelembaban kulit kaki pada pasien diabetes melitus

Kulit dipengaruhi oleh DM dengan berbagai cara, termasuk keadaan hiperglikemia dan produksi AGEs. Regulasi homeostasis kulit secara signifikan dipengaruhi oleh hiperglikemia, yang menghambat migrasi dan proliferasi keratinosit, produksi protein, apoptosis sel endotel, dan sintesis *oksida nitrat* (NO). Terlepas dari bahaya langsung yang disebabkan oleh hiperglikemia, peningkatan kadar glukosa juga mengakibatkan produksi AGEs. Salah satu faktor yang mendasari komplikasi DM, termasuk penyakit kulit, adalah interaksi biokimiawi AGEs. Berbagai jalur mengarah pada *advanced glycation end products* (AGE) dari protein, lipid, dan asam nukleat; AGEs ini kemudian menginduksi pembentukan *reactive oxygen species* (ROS), mengganggu pembersihan ROS, dan berikatan dengan protein baik di dalam maupun di luar sel. Karakteristik kolagen diubah oleh AGEs, yang

menyebabkannya menjadi lebih kaku dan kehilangan kelenturan serta kelarutannya (Oktaviani, 2020).

Kolagen dan semua protein yang mengandung senyawa lisin rentan terhadap perlekatan glukosa akibat kelebihan glukosa darah melalui proses glikosilasi nonenzimatik. *Advanced Glycation End Products* (AGEs) adalah hasil dari serangkaian penataan ulang yang terjadi selama glikosilasi kolagen dalam jaringan interstisial dan pembuluh darah. Ketika AGEs terbentuk dalam kolagen, polipeptida yang berbeda saling berikatan satu sama lain. Protein plasma dan sel interstitial yang tidak terglykosilasi menjadi terperangkap akibat ikatan silang ini. Terperangkapnya *Low Density Lipoprotein* (LDL) mengakibatkan LDL menumpuk di dinding pembuluh darah. Aterosklerosis berkembang ketika kolesterol jahat (LDL) menumpuk di dinding pembuluh darah dan tersangkut di tunika intima, lapisan dalam pembuluh darah (Maliawan, 2020).

Penebalan membran basal pada pembuluh darah kapiler, yang disebabkan oleh AGEs, menghalangi struktur dan fungsi kapiler. Dinding endotel mengandung molekul yang membuatnya tetap fleksibel; namun, AGEs dapat merusak dan menonaktifkan molekul ini. Peran NO dalam mengatur aktivitas NA-K-ATPase sangat penting. Aktivasi NA-K-ATPase yang dirangsang oleh NO dilemahkan oleh radikal superoksida yang dihasilkan oleh hiperglikemia. Selain itu, AGEs meningkatkan produksi ROS. Stres oksidatif merupakan peristiwa penting dalam perkembangan masalah diabetes yang disebabkan oleh kelebihan produksi spesies oksigen reaktif (ROS) dan pertahanan antioksidan yang tidak memadai (Maliawan, 2020).

Selain itu, fungsi sel saraf juga dipengaruhi oleh hiperglikemia. Glukosa tidak memerlukan insulin untuk masuk ke dalam pembuluh darah dan jaringan saraf. Peningkatan glukosa intraseluler terjadi pada hiperglikemia. Di dalam sel saraf, maka akan menemukan enzim aldose reduktase, yang mengubah glukosa menjadi sorbitol dan poliol lainnya. Karena poliol tidak dapat berdifusi secara pasif keluar dari sel saraf, poliol akan menumpuk di dalam dan melepaskan gradien osmotik, sehingga banyak garam dan air masuk ke dalam sel. Selanjutnya, fruktosa diproduksi dari sorbitol, dan konsentrasi fruktosa yang tinggi akan meningkatkan prekursor AGEs. Dalam sel saraf, penumpukan sorbitol dan fruktosa mengurangi aktivasi Na-K-ATP-ase dan meningkatkan kerusakan sel. Kerusakan saraf tepi merupakan penyebab neuropati perifer (Rosyidah, 2016).

Akson, sel schwann, dan serat bermyelin atau tidak bermyelin membentuk saraf tepi. Epineurium adalah penutup jaringan ikat yang mengelilingi serabut saraf tepi. Dalam epineurium terdapat fibroblas kolagen dan retikulin halus yang disebut dengan endoneurium. Vasa nervorum yang mengangkut nutrisi dan oksigen ke sel-sel saraf adalah jenis arteri darah yang ditemukan di epineurium. Cabang-cabang arteri berubah menjadi kapiler di endoneurium saat memasuki epineurium. Mielinisasi segmental, yang dipisahkan oleh nodus ranvier, berasal dari sel Schwann (Maliawan, 2020).

Proses neurodegeneratif dimulai dengan hipoksia lokal pada neuron yang disebabkan oleh gangguan aliran pada kapiler darah kecil. Transmisi impuls yang disebabkan oleh hiperglikemia dikenal sebagai neuropati perifer

karena merusak kapiler dan sel schwann, yang pada gilirannya menyebabkan degenerasi aksonal dan demielinasi segmental (Maliawan, 2020).

Neuropati perifer dikategorikan menjadi tiga jenis berdasarkan struktur serabut saraf perifer: neuropati sensorik, motorik, dan otonom. Setiap neuropati akan muncul dengan serangkaian gejala yang unik. Salah satu neuropati otonom yang dialami oleh banyak pasien diabetes melitus adalah neuropati sudomotor. Karena sensitivitas, kerapuhan, dan kurangnya selubung mielin, serabut saraf sudomotor rentan terhadap cedera pada tahap awal patologi. Kelenjar keringat dipersarafi oleh saraf sudomotor. Gangguan produksi keringat diakibatkan oleh kerusakan saraf sudomotorik karena degenerasi postganglionik pada akson sudomotorik (Sengiel, 2014).

Asetilkolin, pilokarpin, atau metakolin adalah contoh agonis kolinergik yang dapat diionisasi untuk menstimulasi reseptor muskarinik M3 pada kelenjar keringat dan menginduksi respons keringat. Namun demikian, dengan mengikat senyawa kolinergik pada reseptor nikotinik pada terminal saraf sudomotorik, stimulasi ini juga menimbulkan refleksi akson sudomotorik. Neuron sudomotor simpatis postganglionik adalah neuron yang diikuti oleh impuls yang ditimbulkan secara antidromik. Impuls tersebut mengalami respons keringat yang dimediasi akson secara tidak langsung di lokasi cabang, di mana impuls tersebut berjalan secara ortodromis ke populasi kelenjar keringat ekrin lainnya. Penurunan fungsi kelenjar keringat, pengurangan persarafan, dan ketidakmampuan kelenjar ekrin untuk memproduksi keringat disebabkan oleh degenerasi saraf sudomotor (Sengiel, 2014).

4. Dampak penurunan kelembaban kulit kaki

Neuropati otonom ditandai dengan berkurangnya elastisitas dan kekeringan pada kulit akibat tidak berfungsinya saraf otonom yang berfungsi menyuplai kelenjar keringat pada kulit. Celah atau retakan pada kulit disebabkan oleh kulit yang kering dan kulit yang kaku sehingga mudah pecah. Selulitis lokal atau bahkan ulserasi kecil yang memanjang dapat terjadi ketika infeksi menyebar melalui retakan pada stratum korneum, lapisan terluar kulit. Infeksi ini dapat menyebabkan penyebaran kuman dan dalam kasus terburuk dapat mengakibatkan amputasi tungkai bawah. Kemampuan reparatif pembuluh darah berkurang dan membran basal menebal sebagai akibat dari sirkulasi yang buruk dalam pembuluh darah yang juga berdampak pada mikrosirkulasi. Khususnya pada tumit, plantar medial, dan daerah metatarsophalangeal pertama, celah atau retakan kulit dan perkembangan kapalan di sekitar kaki yang terluka lebih sering terjadi, terutama pada musim kering. Karena neuropati otonom, yang menyebabkan penurunan keringat dan pembentukan fisura dangkal dan dalam, tumit adalah tempat yang paling umum untuk masalah kaki ini (Leslie, 2020).

Studi "*Moisture Status of the Skin of the Feet Assessed by the Visual Test Neuropad Correlates with Foot Ulceration in Diabetes*" mencakup informasi bahwa terdapat 121 partisipan yang mengalami ulkus kaki diabetes. Dari jumlah tersebut, 115 (95,0%) memiliki kulit kaki kering, dengan OR 7,36 hingga 40,8, yang berarti bahwa pasien yang memiliki kulit kering di telapak kaki berisiko lebih tinggi terkena ulkus dibandingkan yang tidak (Marinou, 2014).

5. Penatalaksanaan penurunan kelembaban kulit kaki

Meningkatkan vaskularisasi kaki dapat membantu mengatasi penurunan hidrasi kulit. Pasien dengan diabetes melitus dapat memperoleh manfaat dari latihan kaki yang mampu meningkatkan vaskularisasi kaki (Waspadji, 2014). Senam kaki telah terbukti dapat meningkatkan kadar air pada kulit kaki pasien diabetes, berdasarkan penelitian yang diterbitkan dalam jurnal "Senam Kaki Meningkatkan Kelembaban Kulit Kaki pada Pasien Diabetes" (yang menemukan bahwa 77% pasien diabetes, rata-rata mengalami peningkatan 8,13% pada kelembaban kulit kaki setelah melakukan senam kaki). Oleh karena itu, pasien diabetes dianjurkan untuk secara rutin melakukan aktivitas fisik yang berfokus pada kaki (Sukawana, dkk, 2016).

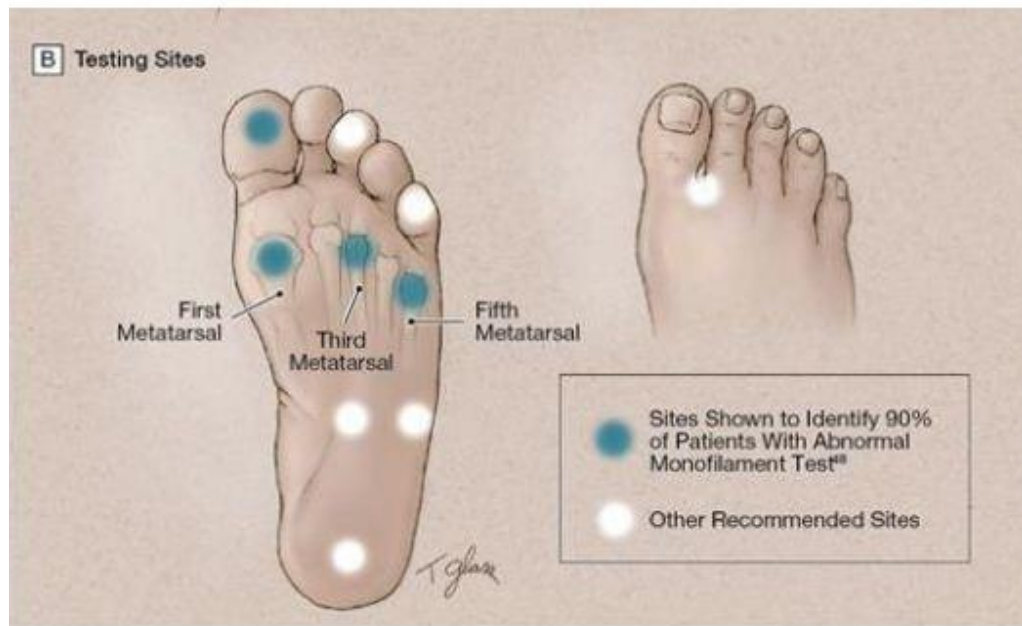
Perawatan pijat refleksi juga dapat digunakan untuk meningkatkan vaskularisasi kaki. Metode pijat refleksi pada kaki dapat menstimulasi sensor yang terhubung ke berbagai bagian tubuh, meningkatkan sirkulasi darah dan energi, meningkatkan relaksasi, dan menjaga keseimbangan tubuh (Embong, 2015).

Penggunaan pelembab alami, seperti minyak kelapa murni, juga diperlukan untuk menjaga kadar air pada kulit kaki (Sunaryo, 2014). Stratum korneum mampu menahan air ketika minyak kelapa murni dioleskan secara topikal ke kulit dan mengikat keringat. Untuk menjaga kulit agar tidak mengering, stratum korneum bertindak sebagai reservoir air, mengurangi laju penguapan. VCO juga dapat digunakan sebagai bahan pelicin saat memberikan prosedur terapi pada kaki pasien DM. Asam lemak jenuh yang membentuk

92% dari VCO antara lain asam laurat 48-52%, asam oleat 1,5-2,5%, serta asam kaprat 7-8% dan asam kaprilat 8-12% (Rahmi Affani, 2017).

6. Area pengukuran kelembaban kulit kaki

Masing-masing akan diukur di empat lokasi dengan sepuluh titik. Setiap kaki memiliki sepuluh titik pada kulitnya, yang dipisahkan menjadi empat area pengukuran: punggung kaki (1 titik), ujung jari kaki (3 titik: ibu jari, jari tengah, jari kelingking), plantar pedis metatarsal (5 titik: kepala metatarsal 1, kepala metatarsal 3, kepala metatarsal 5, medial, lateral), dan tumit (1 titik). Rata-rata pengukuran kelembaban kulit kaki akan ditentukan dengan menambahkan hasil dari empat lokasi pengukuran. Ulkus yang berhubungan dengan diabetes lebih dominan terjadi di empat lokasi kulit kaki yang diukur. Di antara 3.830 pasien diabetes yang diteliti pada tahun 2019 di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo Jakarta, 23,6% mengalami kaki diabetik (DF), yang biasanya bermanifestasi pada salah satu dari 10 titik pada epidermis kaki. Jari-jari kaki menyumbang 50% dari kasus DF, diikuti oleh metatarsal plantar pedis sebesar 30%-40%, punggung kaki 10%-15%, tumit 5%-10%, dan banyak borok 10% (Briliani, 2019).



Gambar 1 Sepuluh Titik Pengukuran pada Telapak Kaki Pasien Diabetes Melitus yang Diukur Menggunakan *Digital Skin Tester*

7. Instrumen pengukuran kelembaban kulit kaki

a. Sudoscan

Jika mencurigai adanya kerusakan saraf simpatis, metode non-invasif yang disebut Sudoscan (Impeto Medical, Paris, Perancis) dapat menilai aktivitas sekresi kelenjar keringat untuk mengetahui seberapa baik saraf sudomotorik bekerja. Serabut C simpatis yang tipis dan tidak bermielin menginervasi kelenjar keringat, sehingga rentan terhadap diabetes tahap awal dan pradiabetes. Pasien Diabetes Melitus (DM) dapat mengekstrak natrium klorida dari keringat mereka dengan menggunakan arus listrik (≤ 4 V) yang secara otomatis diberikan kepada pasien oleh perangkat. Pembacaan dari tes *electrochemical skin conductance* (ESC) akan mencerminkan hasil penilaian fungsi saraf sudomotorik di kaki dan telapak tangan. Ketika pembacaan ESC rendah, berarti terdapat neuropati perifer (Zhang, 2017). Alat ini akan ideal untuk penelitian ini jika harganya lebih murah dan lebih mudah dimobilisasi.

b. DermaLab® USB TEWL Module

Untuk menilai TEWL, gunakan Modul TEWL USB DermaLab®. Untuk menentukan gradien tekanan uap, gabungkan pembacaan sensor suhu dan kelembaban relatif pada dua tingkat ini. Jumlah ini disampaikan pada suatu wilayah dan periode waktu tertentu oleh tingkat penguapan, menurut Hukum Difusi Fick. Hasilnya dinyatakan dalam gram per meter persegi per jam ($\text{g/m}^2/\text{jam}$) (Matjafri, M.Z, 2014).

c. *Digital Skin Tester*

Metode *Bioimpedance Analysis* (BIA) digunakan dalam pembuatan *Digital Skin Tester*. Prinsip penting dari metode BIA adalah semua jaringan biologis memiliki tingkat impedansi listrik, atau resistensi terhadap arus listrik, menurut artikel jurnal yang ditulis oleh (Troung, 2014). Biasanya, arus 50 KHz diterapkan pada kulit. Kandungan kelembaban stratum korneum dapat ditentukan dengan menggunakan impedansi ini. Air, protein keratin, minyak alami dari tubuh, dan sel kulit mati membentuk epidermis. Kadar air epidermis dapat diketahui dengan mengukur resistensi lipid dan minyak terhadap arus listrik, karena jumlah air dan minyak dalam kulit sebanding.

Transduser perangkat terletak di bagian paling ujung. Dua batang elektroda logam yang menonjol adalah transduser (Troung, 2014). Pengguna dapat mengaktifkan perangkat untuk menghantarkan arus listrik 50 KHz ketika diletakkan pada kulit. Impedansi diukur saat arus melewati kulit di antara elektroda. Jumlah kandungan air dalam kulit dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif tingkat kelembaban dengan memanfaatkan hubungan antara berbagai komponen kulit (Jayanthi, 2015).

BIA memiliki beberapa keuntungan, seperti hasil yang konsisten, terdapat lampu warna pada display alat yang menunjukkan kondisi kelembaban kulit (merah untuk kulit kering dan hijau untuk kulit lembab), bentuk alat compact dan simple, mudah dibawa dan digunakan (Truong, 2014). Oleh karena itu, *Digital Skin Tester* merupakan instrument yang cocok untuk penelitian ini.



Gambar 2 Instrumen Pengukuran Kelembaban Kulit Kaki Pasien Diabetes Melitus Menggunakan *Digital Skin Tester*

C. Konsep Senam Kaki Dengan Bantuan Bola Karet Bergerigi

1. Pengertian senam kaki dengan bola karet bergerigi

Senam kaki adalah cara terbaik bagi pasien diabetes melitus untuk tetap aktif dan sehat. Tujuannya adalah untuk meningkatkan perfusi perifer dan mencegah masalah, terutama di area kaki (Jundiah, R.S, 2020). Senam kaki dengan bola karet bergerigi merupakan kombinasi senam kaki sesuai dengan standar Kementerian Kesehatan dengan gerak senam kaki menggunakan bola karet bergerigi. Dengan duduk di kursi, seseorang dapat melakukan senam kaki dengan bola karet bergerigi yang dilakukan pada area telapak kaki (Damayanti, 2015).

Dorsofleksi, plantarfleksi, dan gerakan tungkai bawah yang bervariasi dengan memanfaatkan gravitasi adalah bagian dari gerakan senam kaki yang dapat dilakukan secara rutin dan progresif (PERKENI, 2015).

2. Dampak senam kaki dengan bola karet bergerigi

Neuropati otonom menyebabkan kulit dengan mudah mengalami infeksi (ulkus). Menjaga kelembaban pada permukaan kaki dapat membantu menghindari terjadinya ulkus kaki. Vaskularisasi kaki memiliki dampak yang signifikan terhadap kadar air pada kulit kaki. Melakukan latihan kaki dapat membantu meningkatkan vaskularisasi kaki. Aktivitas fisik yang sering dilakukan dapat membantu meningkatkan dan melancarkan peredaran darah kaki (Setiawan, 2014). Berbagai otot kaki dilatih saat seseorang melakukan senam. Glukosa dibutuhkan oleh otot-otot yang aktif sebagai sumber energi tambahan. Kebutuhan energi yang signifikan menyebabkan peningkatan reseptor insulin pada sel otot, yang akan mengaktifkan kelenjar keringat (Dedy Arjita, 2014).

Senam kaki adalah latihan fisik kaki yang dilakukan dengan menggerakkan seluruh sendi kaki dan pergelangan kaki, dan dilakukan sesuai dengan kemampuan pasien. Jika ingin otot-otot tungkai bawah lebih kuat dan lebih fleksibel, terutama di pergelangan kaki dan jari-jari kaki, serta sirkulasi darah yang lebih baik di kaki maka latihan yang perlu dilakukan adalah menggerakkan kedua kaki secara bergantian atau bersamaan (Damayanti, 2015). Oksida nitrat disekresikan atau dilepaskan dari pembuluh darah oleh endotel ketika otot digunakan secara aktif. Ketika *Soluble Guanylate Cyclase* (SGC) distimulasi oleh oksida nitrat, lebih banyak GMP siklik yang disintesis

dari *Guanosin Triphosphate* (GTP) (Sulastri, D, 2014). Otot polos pembuluh darah akan mengendur atau relaksasi akibat peningkatan GMP siklik ini. Vasodilatasi terjadi ketika sel otot polos mengendur atau relaksasi, sehingga aliran darah perifer ke kaki menjadi lancar. Kontraksi otot membutuhkan ATP dan ATP dibentuk dari ADP yang mengalami proses refosforilasi (Nurkhalis, M, 2014).

Tekanan bola pada kaki dapat menstimulasi kulit dan jaringan di bawahnya, sehingga dapat merelaksasi, melancarkan, dan meningkatkan peredaran darah pada kaki pasien diabetes melitus (Sari, N.K, 2015). Dengan adanya tekanan ini, tubuh akan mampu mengeluarkan racun secara lebih efektif dan memasok lebih banyak oksigen dan nutrisi ke dalam sel melalui peredaran darah yang lancar (Oktaviani, 2020).

Sementara gerigi atau tonjolan-tonjolan kecil yang ada pada permukaan bola karet akan menimbulkan rangsangan berupa pijatan pada plantar telapak kaki yang berhubungan dengan organ yang bermasalah yakni pankreas untuk menstimulasi pembentukan insulin (Hasanah, O, 2015). Teknik refleksi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat bantu bola karet bergerigi dengan permukaan bola menonjol atau bergerigi untuk menekan titik-titik refleksi pada telapak kaki. Sifat karet yang elastis memastikan bahwa alat yang digunakan tidak akan menyebabkan cedera pada kaki pasien. Bola karet bergerigi ini akan digelindingkan dengan kaki kanan dan kiri secara bergantian. Sebagai bagian dari rutinitas olahraga rutin, sebaiknya berolahraga selama 30-45 menit, tiga sampai lima hari dalam seminggu, dengan total 150 menit. Jeda antar latihan tidak lebih dari 2 hari berturut-turut (PERKENI, 2021).

D. Konsep Virgin Coconut Oil (VCO)

1. Pengertian VCO

Minyak kelapa yang diproses tanpa memanaskan daging kelapa atau hanya dengan suhu rendah akan menghasilkan *virgin coconut oil* (VCO), yang dicirikan dengan warnanya yang jernih, tidak berbau tengik, dan tidak adanya radikal bebas yang disebabkan oleh pemanasan. Minyak kelapa murni tidak dimurnikan, tidak diputihkan, dan dibuat dari daging kelapa segar dengan menggunakan teknik alami. VCO mengandung komponen utama asam lemak antara lain 48-53% asam laurat dan 1,5-2,5% asam oleat (Crystanty, 2018).

2. Manfaat VCO terhadap kulit

Pelembab kulit topikal menggunakan VCO sebagai komponen aktif. Khususnya di Asia Tenggara, VCO adalah elemen yang sering digunakan dalam perawatan kulit tradisional. Minyak kelapa murni (VCO) mengandung lebih banyak senyawa fenolik, antioksidan, dan asam lemak (terutama asam laurat) daripada minyak kelapa biasa. Minyak kelapa murni memiliki efek pada jaringan ikat dan jaringan tubuh lainnya ketika dioleskan secara topikal. Kulit menjadi kuat karena jaringan ikatnya telah menyatu (Crystanty, 2018).

Penggunaan losion yang mengandung VCO-SLP meningkatkan kelembaban kulit sebesar 24,8% selama dua kali pemakaian dalam jangka waktu 28 hari, sedangkan menggunakan losion kosong hanya meningkatkan kelembaban kulit sebesar 12,7% (Abad-casintahan, 2014). Losion yang mengandung VCO-SLPs memiliki faktor oklusi yang lebih tinggi dibandingkan losion tanpa partikel ini karena partikel yang lebih kecil dengan tingkat retensi kelembaban yang lebih baik. Losion pelembab yang mengandung 0,608 μm

VCO di dalamnya bekerja lebih baik dengan menjaga dampak hidrasi kulit lebih lama. Fakta bahwa partikel-partikel tersebut dapat bertahan di lapisan stratum korneum karena ukurannya yang lebih kecil adalah penyebab dari dampak ini. Dua fungsi pelembab yang paling penting adalah untuk mencegah kulit kehilangan air dan menjaga stratum korneum tetap basah hingga 20-35% atau lebih. Selain melembabkan kulit, VCO dapat membuatnya lebih kenyal. Terdapat peningkatan 2,60% dari hari ke-0 hingga hari ke-28, dan peningkatan 0,76% setelah 28 hari, jika dibandingkan dengan menggunakan pelembab biasa. Berkurangnya kehilangan air transpidermis dan peningkatan hidrasi kulit adalah penyebabnya (Abad-casintahan, 2014).

E. Pengaruh Kombinasi Senam Kaki dengan Bola Karet Bergerigi dan VCO Terhadap Kelembaban Kulit Kaki Pasien Diabetes Melitus

Hormon adrenalin menyebabkan aliran darah meningkat sebagai respons terhadap aktivitas fisik, yang menyebabkan kapiler darah otot melebar. Karena metabolisme meningkat, suhu otot yang bekerja meningkat, menyebabkan pembuluh darah melebar (Oktaviani, 2020). Peningkatan aliran darah menyebabkan peningkatan *oksida nitrat* (NO), yang membantu pemeliharaan endotel (lapisan pembuluh darah). Komponen penting dalam vasodilatasi, atau pelebaran pembuluh darah, NO dapat meningkatkan produksi *Endothelial Derived Relaxing Factor* (EDRF). Dampak NO dalam mengatur tekanan darah juga sama pentingnya. Melindungi pembuluh darah dari aterosklerosis dan agregasi trombosit, konsentrasi NO mempertahankan aliran darah yang memadai (Oktaviani, 2020). Bagian penting dari pencegahan

neuropati adalah mempertahankan gaya hidup aktif, karena hal ini dapat meningkatkan fungsi saraf, meningkatkan pengiriman nutrisi ke sel, dan menurunkan risiko neuropati itu sendiri (Oktaviani, 2020).

Terapi komplementer dapat melibatkan latihan fisik. Salah satu metode tersebut adalah pijat refleksi, yang menggunakan bola karet elastis dengan tonjolan atau gerigi di permukaannya untuk menstimulasi titik-titik refleksi. Permukaan bola karet yang menonjol ini meniru efek refleksiologi dengan menekan telapak kaki. Organ tubuh yang tersebar dilambangkan oleh bagian kulit kaki. Ketika area pijat refleksi pada kaki distimulasi secara eksternal, maka akan menghasilkan impuls yang berjalan melalui jalur saraf ke organ yang dituju. Fungsi organ yang menyimpang akan diperbaiki oleh impuls ini (Tripati, M, 2014).

Pasien dengan diabetes melitus dapat memperoleh manfaat dari pijat refleksi dengan memberikan tekanan pada area tertentu di bagian bawah kaki mereka. Penekanan tersebut ditujukan untuk merangsang titik-titik yang berhubungan dengan pankreas. Akibatnya, pankreas dirangsang untuk memproduksi insulin (Hasanah, O, 2015). Ketika teknik pijat refleksi diterapkan secara teratur, kadar glukosa darah akan terkontrol dengan meningkatnya kadar insulin dalam darah. Pembuluh darah endotel pada lapisan epineurium dan pembuluh darah kapiler pada endoneurium keduanya mendapat manfaat dari kemampuan NO untuk menjaga dindingnya tetap lentur ketika kadar glukosa darah terkontrol. Dengan cara ini, oksigen dan nutrisi dapat mencapai sel-sel saraf di dalam tubuh, termasuk saraf sudomotor yang mengontrol persarafan kelenjar (Nicharojana, L.O, 2016).

Pelumas diperlukan untuk menghindari cedera selama latihan fisik dan terapi pijat refleksi. Salah satu komponen alami yang dapat berfungsi sebagai pelumas adalah *virgin coconut oil*, atau VCO. Selain sifat pelumasnya, VCO juga memiliki efek melembabkan dan melembutkan kulit. Istilah "*virgin coconut oil*" (VCO) menggambarkan minyak yang diekstrak dari kelapa yang tidak dimurnikan. Tidak ada pemanasan yang terlibat, atau hanya sedikit pemanasan, dalam produksi VCO. Ada beberapa asam lemak jenuh yang membentuk 92% VCO. Asam lemak tersebut antara lain 48-53% asam laurat, 1,5-2,5% asam oleat, serta 8% asam kaprilat dan 7% asam kaprat. Setelah kontak dengan kulit, minyak ini akan mengikat keringat. Kombinasi minyak dan keringat membentuk lapisan pelindung yang membantu stratum korneum untuk mempertahankan kelembaban. Kemampuan stratum korneum untuk menahan air menandakan kulit tetap terhidrasi lebih lama karena lebih sedikit air yang menguap (Rahmi Affani, 2017).