

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Diabetes Mellitus

2.1.1 Definisi Diabetes Mellitus

Diabetes Mellitus (DM) merupakan penyakit yang dapat ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia) dan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein yang berkaitan dengan kekurangan insulin dimana pemakaian glukosa oleh sel tubuh berkurang atau disebabkan oleh kurang responsifnya sel tubuh terhadap insulin (Damanik, 2020). Diabetes mellitus adalah hambatan yang terjadi pada metabolisme secara genetik serta secara klinis tercantum heterogen dengan indikasi adanya kehilangan toleransi karbohidrat. Diabetes mellitus merupakan gangguan metabolik yang terjadi akibat adanya ketidakmampuan dalam mengoksidasi karbohidrat, adanya hambatan pada mekanisme insulin, dan ditandai dengan hiperglikemia, glikosuria, poliuria, polipidisi, polifagia, asidosis yang sering menimbulkan sesak napas, lipemia, ketonuria serta berakhir hingga koma (Sya'diyah et al., 2020).

Diagnosis DM dapat ditegakkan dengan pemeriksaan kadar glukosa darah dalam tubuh (Pangribowo, 2020). Kriteria diagnosis DM meliputi:

1. Pemeriksaan kadar glukosa darah puasa ≥ 126 mg/dL (puasa minimal 8 jam)
2. Pemeriksaan kadar glukosa darah ≥ 200 mg/dL 2 jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) dengan beban glukosa 75 gram.
3. Pemeriksaan kadar glukosa darah sewaktu ≥ 200 mg/dL
4. Pemeriksaan HbA1c $\geq 6,5\%$ dengan metode standar oleh *National Glychohaemoglobin Standardization Program* (NGSP)

2.1.2 Etiologi Diabetes Mellitus

Menurut Maria (2021), etiologi DM adalah sebagai berikut:

1. DM tipe I

Diabetes Mellitus tipe I atau IDDM (Insulin Dependent Diabetes Mellitus) memiliki ketergantungan pada insulin. Diabetes tipe ini dapat terjadi karena rusaknya sel beta pankreas yang mengakibatkan ketidakmampuan pankreas dalam menghasilkan hormon insulin yang bertindak sebagai pengontrol glukosa dalam darah. Faktor-faktor yang menyebabkan yaitu:

a. Faktor imunologi

Adanya respons abnormal pada autoimun saat antibodi secara terarah bereaksi terhadap jaringan-jaringan yang dianggapnya asing. Contohnya meliputi otoantibodi terhadap insulin endogen dan sel-sel pulau Langerhans.

b. Faktor lingkungan

Pemeriksaan juga dilaksanakan pada kemungkinan-kemungkinan faktor luar yang memungkinkan menimbulkan destruksi sel beta. Contohnya yaitu hasil dari penelusuran mengenai virus atau toksin yang bisa menimbulkan proses autoimun yang mengakibatkan sel beta mengalami destruksi. Contoh virus- virus yang dapat menyebabkan Diabetes Mellitus yaitu Human coxsackievirus B4, Mumps, dan Rubella. Virus ini dapat menyebabkan terjadinya destruksi atau rusaknya sel dengan cara menginfeksi sel pada sel beta. Selain itu, virus ini dapat menyerang melalui reaksi autoimun sehingga berdampak pada kehilangan autoimun pada sel beta.

c. Faktor Genetik

Pasien yang tidak menderita diabetes melitus tipe I, mewarisi suatu penyebab atau kecenderungan genetik.

2. DM tipe II

Diabetes Mellitus tipe II atau bisa disebut dengan NIDDM (Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus). Disebabkan oleh kekurangan sel beta relatif dan resisten terhadap insulin. Faktor risiko yang terkait dengan proses terjadinya diabetes melitus tipe II meliputi:

a. Usia

Terdapat kecenderungan adanya peningkatan resistensi insulin saat berusia lebih dari 65 tahun. Namun, karena pankreas tidak memproduksi insulin secara alami, diabetes juga dapat terjadi pada remaja antara usia 11-13 tahun.

b. Obesitas

Seseorang dengan status gizi yang tergolong obesitas dengan kadar lemak yang berlebih berdampak pada tingginya cadangan energi dalam tubuh. Selain itu, energi tersimpan juga di dalam hati dalam bentuk glikogen. Insulin berperan dalam penurunan kadar glukosa darah mengalami kinerja yang

menurun sehingga tidak mampu secara optimal dalam berfungsi dan mendistribusikan gula. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat terjadi resistensi insulin yang mengakibatkan seseorang mengalami Diabetes Mellitus Tipe 2.

c. Riwayat keluarga

Riwayat keluarga salah satunya meliputi riwayat penyakit diabetes melitus dapat diturunkan kepada anak sejak usia remaja.. Laki-laki adalah penderita sesungguhnya dan perempuan adalah pembawa gen atau keturunan tersebut. Gen yang mempengaruhi pada diabetes melitus tipe II adalah gen TC7L2. Gen ini mempengaruhi sekresi insulin dan produksi glukosa.

3. Diabetes mellitus gestasional

Diabetes gestasional merupakan diabetes yang dialami oleh seseorang karena terpicu kehamilan. Diabetes tipe ini terjadi karena adanya perubahan metabolisme gula, yaitu hiperglikemia karena adanya sekresi pada hormon plasenta. Selain itu, ada pendapat mengatakan bahwa diabetes ini baru muncul pada kehamilan, sehingga perlu diperhatikan terutama bagi wanita dengan status gizi gemuk, adanya riwayat diabetes di keluarga, melahirkan dengan berat bayi hingga lebih dari 4 kg, kematian pada bayi yang lahir, dan riwayat melakukan aborsi yang berulang-ulang.

4. Diabetes tipe lain

Selain tipe diabetes yang telah disebutkan sebelumnya, terdapat tipe lain yaitu diabetes yang disebabkan karena adanya penyakit lain. Penyakit tersebut merupakan penyakit yang mengakibatkan terganggunya produksi insulin hingga berpengaruh terhadap kinerja hormon insulin. Contoh dari penyakit tersebut meliputi, seperti peradangan pada pankreas (pankreatitis), penggunaan hormon kortikosteroid, gangguan kelenjar adrenal, malnutrisi, penggunaan obat antikolesterol dan antihipertensi, stroke, penderita kondisi kritis, infeksi berat.

2.1.3 Patofisiologis

Diabetes melitus (DM) merupakan suatu sindrom gangguan metabolisme yang ditandai dengan hiperglikemia akibat defisiensi sekresi insulin, penurunan efektivitas kerja insulin, atau kombinasi keduanya. Berdasarkan klasifikasinya, DM terdiri dari beberapa tipe yaitu diabetes melitus tipe 1, tipe 2, diabetes gestasional, serta jenis diabetes lainnya yang disebabkan oleh kelainan genetik atau kerusakan

pankreas. Namun, jenis yang paling umum dijumpai dalam praktik klinis adalah DM tipe 1 dan DM tipe 2 (ADA, 2023).

Pada DM tipe 1, terjadi kerusakan sel β pankreas secara permanen, umumnya akibat proses autoimun, sehingga tubuh mengalami kekurangan insulin absolut. Hilangnya insulin menyebabkan gangguan pada pengambilan glukosa oleh sel, sehingga glukosa menumpuk dalam sirkulasi darah. Selain itu, terjadi peningkatan sekresi glukagon oleh sel α pankreas yang tidak dapat ditekan meskipun dalam kondisi hiperglikemia. Ketidakseimbangan ini semakin memperparah kadar gula dalam darah, karena glukagon memicu glukoneogenesis dan glikogenolisis di hati (Rohma, 2019).

Sementara itu, pada DM tipe 2, gangguan utama adalah kombinasi antara resistensi insulin dan gangguan sekresi insulin. Resistensi insulin adalah kondisi ketika sel-sel tubuh, seperti otot dan hati, tidak merespons insulin dengan efektif. Akibatnya, meskipun insulin diproduksi, glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel secara efisien. Tubuh akan mencoba mengkompensasi dengan meningkatkan produksi insulin oleh sel β pankreas. Namun, apabila kemampuan sel β tidak mampu memenuhi kebutuhan insulin yang meningkat, maka kadar glukosa darah akan terus meningkat hingga melebihi ambang normal, dan berkembang menjadi DM tipe 2 (Lestari et al., 2021). Salah satu komplikasi jangka panjang yang sering terjadi pada pasien DM, terutama dengan kontrol gula darah yang buruk, adalah neuropati diabetik.

Neuropati ini merupakan gangguan fungsi saraf akibat paparan hiperglikemia kronis, yang menyebabkan kerusakan struktur dan fungsi saraf perifer. Kondisi ini sering dimanifestasikan dalam bentuk kesemutan, baal, nyeri terbakar, atau sensasi tertusuk pada telapak kaki, yang dikenal sebagai neuropati perifer. Secara patofisiologis, hiperglikemia kronis mengaktifasi berbagai jalur biokimia yang menyebabkan kerusakan saraf tepi. Salah satu jalur utama adalah jalur poliol, di mana glukosa diubah menjadi sorbitol oleh enzim aldose reduktase. Akumulasi sorbitol dalam sel saraf menyebabkan gangguan osmotik, edema, dan menurunkan kadar NADPH, yaitu zat penting dalam melawan radikal bebas. Hal ini menyebabkan stres oksidatif yang merusak struktur sel saraf (Oates, 2008).

Selain itu, hiperglikemia juga memicu pembentukan produk akhir glikasi (Advanced Glycation End-products/AGEs) yang menumpuk di jaringan saraf dan pembuluh darah kecil. AGEs menyebabkan kekakuan protein mielin, peradangan, serta disfungsi endotel mikrovaskular yang mengurangi aliran darah ke saraf, sehingga terjadi iskemia saraf perifer. Aktivasi protein kinase C (PKC) akibat tingginya kadar glukosa juga memperparah gangguan vaskular dengan menurunkan produksi nitric oxide, yang penting untuk vasodilatasi (Forbes & Cooper, 2013). Kerusakan juga terjadi pada sel Schwann, yaitu sel glia yang bertugas membentuk dan mempertahankan selubung mielin pada saraf perifer. Ketika sel Schwann rusak, mielinisasi terganggu dan transmisi impuls saraf menjadi lambat, menyebabkan gangguan sensorik seperti kesemutan dan mati rasa. Disfungsi mitokondria dalam sel saraf akibat stres oksidatif juga mempercepat kematian sel melalui proses apoptosis (Vincent et al., 2020).

Gejala neuropati perifer diabetik umumnya bersifat simetris dan distal, artinya gejala muncul secara seimbang pada kedua sisi tubuh, terutama di bagian tubuh yang paling jauh dari pusat, seperti telapak kaki. Pasien biasanya mengeluhkan kesemutan, rasa kebas, nyeri seperti terbakar, serta penurunan refleks dan koordinasi. Bila tidak ditangani, neuropati ini dapat berkembang menjadi ulkus kaki diabetik dan meningkatkan risiko amputasi. Dengan demikian, patofisiologi neuropati diabetik merupakan hasil dari interaksi kompleks antara hiperglikemia, stres oksidatif, gangguan mikrosirkulasi, dan peradangan kronis yang secara perlahan merusak sistem saraf perifer. Oleh karena itu, pengendalian kadar glukosa darah yang baik merupakan kunci utama dalam mencegah progresivitas neuropati pada pasien diabetes melitus.

2.1.4 Manifestasi Klinis

Manifestasi klinis diabetes melitus dapat dibagi menjadi dua yaitu gejala klinis klasik dan gejala umum (Widiasari et al., 2021).

1. Gejala klasik DM adalah :
 - a. Polidipsia yaitu keadaan sering merasa haus
 - b. Polifagia yaitu keadaan dimana sering merasa lapar sehingga makan berlebihan
 - c. Poliuria yaitu sering buang air kecil

d. Penurunan berat badan yang penyebabnya tidak dapat dijelaskan.

2. Gejala umum DM, antara lain :

- a. Kelelahan yaitu keadaan pasien yang mengalami DM sering lelah walaupun tidak beraktifitas.
- b. Kegelisahan keadaan pasien sering merasa gelisah walaupun sedang baik – baik saja.
- c. Nyeri tubuh yang dimana biasa pada pasien DM sering mengalami nyeri sendi dikarenakan neuropati diabetic alias kerusakan saraf yang dipicu penyakit metabolic tersebut.
- d. Kesemutan.
- e. Mata kabur dan gatal yaitu pandangan kabur dan gatal pada seluruh badan.
- f. Disfungsi ereksi pada pria, yaitu kondisi penis pria tidak bisa mendapatkan ereksi atau mempertahankan ereksi untuk mempertahankan ereksi untuk dapat penetrasi sampai ejakulasi saat berhubungan seksual dengan pasangan.
- g. Pruritus vulva pada wanita yaitu gangguan yang ditandai dengan sensasi gatal dari alat kelamin eksternal perempuan.

2.1.5 Klasifikasi

Menurut Perkeni (2021), DM diklasifikasikan menjadi empat yaitu:

1. Diabetes Mellitus Tipe 1

Diabetes tipe 1, atau yang dikenal dengan insulin-dependent diabetes, merupakan penyakit autoimun yang disebabkan karena tidak berfungsinya sistem imun atau sistem kekebalan tubuh yang menyebabkan kerusakan pada pankreas. Pada diabetes tipe I, kerusakan pankreas bisa bersifat genetik (diturunkan).

2. Diabetes Mellitus Tipe II

Diabetes Mellitus tipe II, atau sering disebut diabetes non-insulin-dependent, adalah diabetes yang resisten terhadap insulin. Insulin sudah cukup, namun tidak dapat bekerja secara maksimal sehingga menyebabkan tingginya kadar gula darah dalam tubuh. Kekurangan insulin juga dapat terjadi secara relatif pada kasus Diabetes Mellitus tipe II dan tentunya dapat menyebabkan kekurangan insulin

secara absolut. Orang dengan Diabetes Melitus tipe II lebih banyak dijumpai. Diabetes Melitus tipe II biasanya didiagnosis pada usia 40-an, tetapi juga dapat terjadi pada usia 20-an. Sekitar 90-95% kasus diabetes adalah diabetes tipe 2.

3. Diabetes Melitus Gestasional

Diabetes gestasional biasanya terjadi selama kehamilan. Keadaan ini disebabkan oleh terbentuknya beberapa hormon pada ibu hamil yang 20 menyebabkan resistensi insulin. Wanita hamil dengan diabetes gestasional didiagnosis pada usia 4 bulan ke atas, dan gula darah kembali normal setelah ibu melahirkan.

4. Diabetes yang lain

Adapula diabetes yang tidak termasuk dalam kelompok diatas yaitu diabetes sekunder atau akibat dari penyakit lain, yang mengganggu produksi insulin atau mempengaruhi kerja insulin. Penyebab diabetes semacam ini adalah:

- a. Radang pankreas (pankreatitis)
- b. Gangguan kelenjar adrenal atau hipofisis
- c. Penggunaan hormon kortikosteroid
- d. Pemakaian beberapa obat antihipertensi atau antikolesterol
- e. Malnutrisi
- f. Infeksi

2.1.6 Komplikasi

Menurut Hardiyanto (2020), komplikasi diabetes melitus antara lain:

1. Komplikasi Akut

a. Hipoglikemia

Komplikasi hipoglikemia terjadi sebagai akibat dari kurangnya glukosa ke otak sehingga pasien dengan hipoglikemia sering mengalami pusing, bingung, lelah, lemah, sakit kepala, tidak mampu berkonsentrasi, kejang dan koma.

b. Gangguan sistem pencernaan

Diabetes dapat menyebabkan gastroparesis, adalah lambatnya pergerakan makanan dari lambung ke usus, sehingga menyebabkan mual, muntah, dan kembung.

2. Komplikasi Kronik

- a. Retinopati diabetik adalah kerusakan pembuluh darah di retina mata yang menyebabkan kebutaan.
- b. Neuropati diabetik adalah kerusakan pada saraf yang menyebabkan mati rasa atau kesemutan pada kaki dan tangan.
- c. Infeksi dan luka sulit disembuhkan dapat mengganggu proses penyembuhan sehingga menyulitkan penyembuhan luka dan infeksi pada kulit dan organ tubuh hingga berujung pada luka bakar.
- d. Komplikasi makrovaskuler jangka panjang meliputi: penyakit jantung koroner, penyakit pembuluh darah perifer dan stroke
- e. Komplikasi mikrovaskuler jangka panjang meliputi : retinopati, nefropati dan neuropati
- f. Komplikasi metabolik akut meliputi: hipoglikemia, ketoasidosis diabetikum, hiperosmolalitas.

2.1.7 Pemeriksaan Penunjang

Menurut Astuti et al., (2022) pemeriksaan penunjang pada pasien diabetes melitus yaitu:

1. Gula darah puasa (GDS) 70-110 mg/dl
Kriteria diagnostik untuk diabetes melitus >140 mg/dl paling sedikit dalam dua kali pemeriksaan.
2. Glukosa plasma sewaktu >200mg/dl (11,1 mmol/L)
Glukosa plasma puasa >140mg/dl (7,8mmol/L) Glukosa plasma dari sampel yang diambil 2 jam kemudian sesudah mengonsumsi 75gr karbohidrat (2 jam post prandial (pp)>200mg/dl)
3. Tes laboratorium
Jenis tes pada pasien DM dapat berupa tes saring, tes diagnostik, tes pemantauan terapi dan tes untuk mendeteksi komplikasi
4. Tes monitoring terapi :
 - a. GDP : Pemeriksaan gula darah puasa, dilakukan setelah berpuasa semalaman, setidaknya selama 8 jam. Seseorang dikatakan menderita diabetes apabila kadar gula darah puasanya di atas 70 -110 mg/dl
 - b. HBA1c (pemeriksaan darah hemoglobin glikase): Hasil pemeriksaan

ini akan menggambarkan kondisi kadar gula darah dalam 2-3 bulan belakangan.

- c. GD2PP: Berikut ini merupakan kriteria batas kadar gula darah yang normal dari hasil tes GD2PP: Normal (tidak menderita diabetes): di bawah 140 mg/dl. Diabetes: 200 mg/dl atau lebih.
5. Debridement atau Pengangkatan jaringan nekrotik dan mati, dapat meningkatkan penyembuhan dan memungkinkan sel mengalir melalui luka lembab tanpa terhalang oleh eksudat Tingkat tinggi dan semua risiko infeksi yang terkait dengan serpihan dan jaringan nekrotik.

2.1.8 Penatalaksanaan

Tujuan utama dari terapi ini yaitu mencoba untuk menstabilkan kerja insulin dan kadar glukosa darah dalam upaya untuk mengurangi terjadinya komplikasi vaskuler serta neuropatik. Tujuan terapeutik pada setiap tipe diabetes adalah mencapai kadar glukosa darah normal tanpa terjadinya hipoglikemia dan gangguan serius pada pola aktivitas pasien. Menurut Umayya & Wardani (2023), ada lima unsur dalam penatalaksanaan diabetes:

1. Diet

Bagi semua penderita diabetes melitus, perencanaan makan harus mempertimbangkan pula kegemaran penderita terhadap makanan tertentu, gaya hidup, jam-jam makan yang biasa diikutinya dan latar belakang etnik serta budayanya.

2. Latihan/Olahraga

Latihan/olahraga sangat penting dalam penatalaksanaan diabetes karena efeknya dapat membantu menurunkan kadar glukosa darah, meningkatkan sensitivitas insulin, mengontrol berat badan, dan mencegah komplikasi kardiovaskular. Latihan jasmani juga bermanfaat dalam meningkatkan sirkulasi darah dan mencegah terjadinya komplikasi neuropati perifer seperti kesemutan dan baal pada kaki (*American Diabetes Association, 2023*).

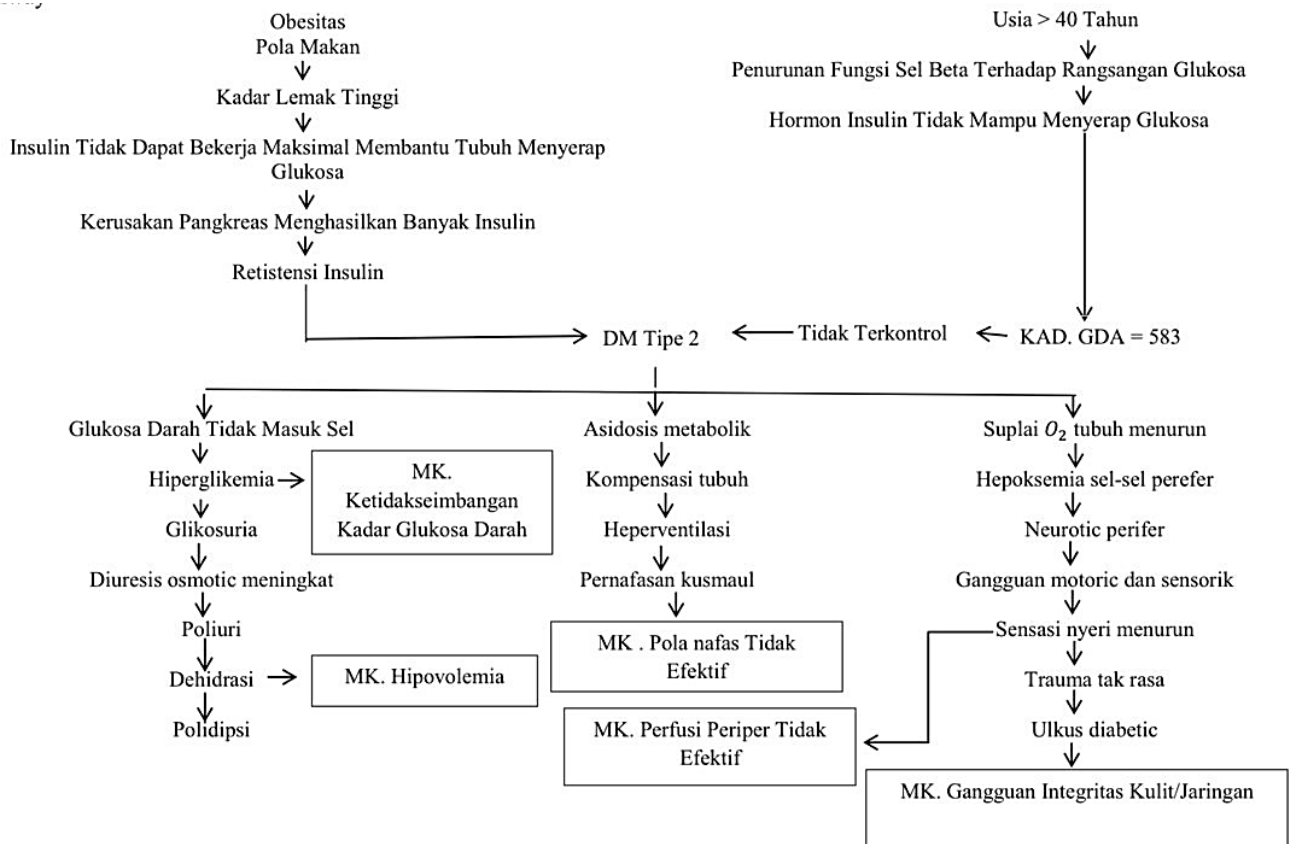
Latihan tersebut dapat melancarkan kadar glukosa dalam darah dengan meningkatkan pengambilan glukosa oleh otot dan memperbaiki pemakaian insulin. Sirkulasi darah dan tonus otot juga diperbaiki dengan berolahraga.

Ada banyak jenis olahraga yang di anjurkan bagi penderita diabetes mellitus yaitu : jogging, berenang, bersepeda, senam kaki diabetes, senam aerobik, dan *Buerger Allen exercise* (latihan kaki).

Waktu dan frekuensi latihan yang dianjurkan untuk pasien diabetes mellitus menurut Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (2021) adalah sebagai berikut:

- a. Frekuensi: minimal 3–5 kali dalam seminggu.
 - b. Durasi: minimal 30 menit per sesi.
 - c. Waktu: latihan dapat dilakukan pada pagi atau sore hari, tergantung kenyamanan pasien dan kestabilan kondisi glukosa darah.
3. Pemantauan glukosa
- Dengan melakukan pemantauan kadar glukosa darah, penderita diabetes kini dapat mengatur terapinya untuk mengendalikan kadar glukosa darah secara optimal.
4. Terapi Insulin (jika diperlukan)
- a. Pada diabetes tipe I, tubuh kehilangan kemampuan untuk memproduksi insulin. Dengan demikian, insulin eksogenus harus diberikan dalam jumlah yang tak terbatas.
 - b. Pada diabetes tipe II, insulin mungkin diperlukan sebagai jangka panjang untuk mengendalikan kadar glukosa darah jika diet dan obat hipoglikemia oral tidak berhasil mengontrolnya.
5. Pendidikan
- Pendidikan kesehatan bagi pasien dan keluarganya juga dianggap sebagai komponen yang penting dalam menangani penyakit diabetes.

2.1.9 Pathway



Sumber : (Wisti Agustina, 2021)



2.2 Konsep Insulin

2.2.1 Definis Insulin

Insulin adalah hormon alami yang diproduksi oleh pankreas dan memiliki tugas penting untuk menurunkan kadar gula darah. Hormon ini membantu gula darah masuk ke dalam sel tubuh agar bisa diubah menjadi energi (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). Pada penderita diabetes tipe 2, insulin sering kali diperlukan karena tubuh sudah tidak mampu mengatur gula darah dengan baik hanya dengan obat minum (*American Diabetes Association, 2023*).

2.2.2 Tujuan Pemberian Insulin

Tujuan utama penggunaan insulin adalah menjaga kadar gula darah tetap normal agar tubuh tetap sehat dan terhindar dari komplikasi (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). Dengan kadar gula yang stabil, risiko kerusakan organ tubuh bisa ditekan (*International Diabetes Federation, 2024*).

2.2.3 Jenis-Jenis Insulin

Insulin merupakan terapi utama pada pasien diabetes mellitus tipe 1 dan juga digunakan pada pasien diabetes tipe 2 yang tidak lagi dapat mengontrol kadar gula darah dengan obat oral. Berdasarkan waktu kerja dan durasi efeknya, insulin dibagi menjadi beberapa jenis berikut:

1. Insulin kerja cepat (Rapid-acting insulin)

Insulin ini mulai bekerja dalam waktu 10–30 menit setelah injeksi, dengan puncak efek sekitar 1–3 jam, dan durasi kerja 3–5 jam. Digunakan sebelum makan untuk mengontrol lonjakan glukosa postprandial. Contohnya: Insulin aspart (NovoRapid®), insulin lispro, insulin glulisine (*American Diabetes Association, 2023*).

2. Insulin kerja pendek (Short-acting insulin)

Mulai bekerja 30–60 menit setelah injeksi, dengan puncak efek 2–4 jam dan durasi kerja 5–8 jam. Biasanya digunakan 30 menit sebelum makan. Contohnya: Insulin reguler (Regular Human Insulin) (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021).

3. Insulin kerja menengah (Intermediate-acting insulin)

Onset kerja dalam 1–2 jam, puncak efek 4–12 jam, dan durasi hingga 18 jam. Umumnya digunakan untuk mengontrol kadar glukosa darah basal. Contohnya: Insulin NPH (Neutral Protamine Hagedorn) (Kumar et al., 2020).

4. Insulin kerja panjang (Long-acting insulin)

Insulin jenis ini bekerja tanpa puncak yang jelas, dengan onset sekitar 1–2 jam dan durasi kerja lebih dari 24 jam. Digunakan untuk mempertahankan kadar glukosa darah basal secara stabil. Contohnya: Insulin glargine (Lantus®), insulin detemir, insulin degludec (Holt et al., 2021; Davies et al., 2022).

5. Insulin campuran (Premixed insulin)

Kombinasi antara insulin kerja cepat dan kerja menengah, digunakan untuk mengontrol kadar gula darah puasa dan postprandial dengan satu suntikan. Contohnya: Mixtard 30/70, NovoMix 30 (*American Diabetes Association*, 2023).

2.2.4 Cara Pemberian Insulin

Pemberian insulin pada pasien diabetes mellitus tipe 2 dilakukan untuk membantu menurunkan kadar gula darah yang tidak dapat dikontrol dengan obat minum saja. Insulin diberikan melalui suntikan subkutan, yaitu disuntikkan ke lapisan lemak di bawah kulit (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). Bagian tubuh yang biasa digunakan untuk menyuntik insulin antara lain perut, paha bagian depan, lengan atas bagian luar, atau bokong (*American Diabetes Association*, 2023). Pemilihan lokasi suntikan dilakukan secara bergantian agar tidak terjadi penebalan jaringan atau lipohipertrofi.

Cara pemberian insulin meliputi langkah-langkah berikut:

1. Cuci tangan sebelum menyuntik.
2. Siapkan alat suntik insulin atau insulin pen sesuai dosis yang telah ditentukan oleh dokter.
3. Pilih area suntik yang bersih, kering, dan sehat (tidak ada luka atau infeksi).
4. Cubit ringan kulit tempat suntikan.
5. Suntikkan jarum dengan sudut 90 derajat, atau 45 derajat jika pasien kurus.
6. Tekan alat suntik perlahan sampai insulin habis.

7. Tarik jarum dengan perlahan dan tekan area bekas suntikan beberapa detik dengan kapas kering.
8. Simpan insulin di tempat sejuk (tidak boleh dibekukan).

Dosis insulin yang digunakan bervariasi tergantung kondisi kadar gula darah pasien, dan harus selalu sesuai petunjuk dokter (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021).

2.2.5 Mekanisme Kerja Insulin

Insulin bekerja dengan cara membantu sel-sel tubuh mengambil gula dari darah. Selain itu, insulin juga membantu hati untuk menyimpan kelebihan gula agar tidak menumpuk dalam darah (*American Diabetes Association, 2023*).

2.2.6 Indikasi Pemberian Insulin

Insulin menjadi salah satu terapi utama yang digunakan pada pasien diabetes mellitus tipe 2 ketika pengobatan oral tidak lagi cukup untuk mengendalikan kadar glukosa darah. Menurut *American Diabetes Association* (2022), pemberian insulin diindikasikan ketika kadar HbA1c tetap tinggi (>8%) meskipun pasien sudah mendapatkan terapi oral secara maksimal. Selain itu, insulin juga diindikasikan pada kondisi stres metabolik seperti infeksi berat, sepsis, atau pascaoperasi, di mana tubuh memerlukan kontrol glukosa yang ketat (Davies et al., 2022).

Kondisi lain yang menjadi dasar pemberian insulin termasuk diabetes pada kehamilan, di mana sebagian besar obat oral tidak dianjurkan, serta adanya penurunan fungsi pankreas yang signifikan dalam memproduksi insulin endogen (Perkeni, 2021). Pasien yang menunjukkan gejala hiperglikemia berat seperti poliuria, polidipsia, dan penurunan berat badan juga memerlukan terapi insulin segera (Holt et al., 2021).

2.2.7 Kontraindikasi Pemberian Insulin

Secara umum, insulin tidak memiliki kontraindikasi absolut karena sifatnya yang esensial pada kondisi tertentu. Namun, terdapat beberapa kontraindikasi relatif yang perlu dipertimbangkan sebelum pemberian insulin. Menurut Kumar et al. (2020), salah satu kontraindikasi relatif adalah hipoglikemia yang tidak terkontrol,

terutama pada pasien dengan gangguan kesadaran atau yang tidak dapat mengenali gejala awal hipoglikemia.

Selain itu, adanya alergi terhadap insulin atau bahan tambahan dalam preparat insulin juga menjadi pertimbangan penting, meskipun kasus ini jarang terjadi (Brunton et al., 2021). Pemberian insulin juga perlu diawasi dengan ketat pada pasien yang tidak memiliki dukungan *caregiver* atau tidak mampu mengelola terapi sendiri secara aman.

2.2.8 Efek Samping Insulin

Pemberian insulin dapat menimbulkan beberapa efek samping, baik ringan maupun berat. Efek samping yang paling umum adalah hipoglikemia, yang terjadi ketika dosis insulin tidak sesuai dengan asupan makanan atau aktivitas fisik. Hipoglikemia ditandai dengan gejala seperti pusing, lemas, berkeringat dingin, hingga kehilangan kesadaran (Davies et al., 2022).

Efek samping lain adalah peningkatan berat badan yang disebabkan oleh efek anabolik insulin terhadap jaringan lemak (Holt et al., 2021). Menurut Brunton et al. (2021), penggunaan insulin juga dapat menyebabkan lipodistrofi atau perubahan jaringan lemak di lokasi suntikan jika teknik penyuntikan tidak dilakukan dengan benar. Reaksi lokal seperti kemerahan dan bengkak di area injeksi bisa terjadi, namun jarang menimbulkan efek sistemik yang berat. Pada beberapa kasus, insulin juga bisa menyebabkan retensi cairan, terutama pada pasien dengan gangguan fungsi jantung atau ginjal (Kumar et al., 2020).

2.3 Konsep Senam Kaki

2.3.1 Definisi Senam Kaki

Senam kaki yaitu suatu aktifitas atau latihan fisik yang dilakukan oleh pasien diabetes melitus dengan teknik menggerakkan kaki tujuannya mengontrol kadar gula darah. Perubahan kadar gula darah yaitu status atau keadaan dari glukosa dalam darah yang diukur sebelum dan sesudah diberikan senam kaki. Senam kaki diabetik merupakan aktivitas yang dilakukan untuk pasien DM dalam pencegahan luka serta melancarkan aliran darah dibagian kaki (Megawati et al., 2020). Senam kaki diabetik berpengaruh terhadap perubahan kadar gula darah yaitu pada otot – otot yang bergerak aktif dapat meningkatkan kontraksi sehingga permeabilitas membran sel terhadap peningkatan gula darah, resistensi insulin berkurang dan

sensitivitas insulin meningkat. Sehingga sirkulasi dalam darah meningkat dan terjadi penurunan kadar gula darah pada pasien DM.

Lancarnya sirkulasi darah dalam kaki dapat mencegah komplikasi neuropati pada penyandang DM, dimana gangguan neuropati dapat menghilangkan sensitivitas kaki yang memicu munculnya luka pada kaki bahkan amputasi (Graciella & Prabawati, 2020). Senam kaki menjadikan tubuh menjadi lebih rileks dan melancarkan peredaran darah. Peredaran darah yang lancar karena digerakkan, menstimulasi darah untuk mengantarkan oksigen dan zat gizi lebih banyak ke dalam sel-sel tubuh, selain itu membantu membawa racun lebih banyak untuk dapat dikeluarkan. Senam kaki dilaksanakan 3 kali dalam seminggu dengan waktu yang digunakan 20-30 menit (Widiawati et al., 2020).

2.3.2 Tujuan Senam Kaki

Lelisma (2020) memaparkan terdapat delapan tujuan dilakukannya senam kaki, antara lain:

1. Meningkatkan penggunaan insulin oleh tubuh
2. Membantu pembakaran lemak serta membantu mengontrol berat badan
3. Memperbaiki sirkulasi darah
4. Menjadikan otot lebih kuat
5. Mencegah kelainan bentuk kaki
6. Menjadikan otot paha serta betis lebih kuat
7. Mengatasi keterbatasan gerak sendi
8. Menjaga agar tidak terjadi luka.

2.3.3 Manfaat Senam Kaki

Manfaat Senam Kaki menurut Mustika et al., (2022), yaitu:

1. Perbaikan aliran darah, menguatkan otot kecil dikaki, serta pencegahan ketidaknormalan dikaki (deformitas)
2. Menjadikan otot paha serta betis lebih kuat
3. Teratasinya gerakan sendi yang minimum

2.2.4 Efektivitas Senam Kaki Diabetes

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa kombinasi antara pemberian insulin dengan senam kaki dapat menurunkan kadar gula darah lebih baik

dibandingkan hanya menggunakan insulin saja. Salah satu penelitian oleh Wulandari et al. (2023) menunjukkan penurunan rata-rata kadar gula darah sebesar 20-30 mg/dL setelah rutin melakukan senam kaki selama 4 minggu.

2.2.5 Mekanisme Kerja Senam Kaki Diabetes

Gerakan senam kaki membantu meningkatkan aliran darah dari kaki ke jantung. Dengan aliran darah yang lancar, gula dalam darah bisa lebih cepat digunakan oleh tubuh untuk menghasilkan energi (Wulandari et al., 2023). Selain itu, latihan ini juga membantu meningkatkan sensitivitas insulin dalam tubuh (Putri et al., 2023).

2.2.6 Prosedur Pemberian Senam Kaki

Senam kaki untuk pasien diabetes dilakukan sebagai latihan sederhana untuk meningkatkan peredaran darah di area kaki dan membantu kerja insulin dalam menurunkan gula darah (Putri et al., 2023). Senam ini bisa dilakukan secara mandiri di rumah atau dibimbing oleh tenaga kesehatan.

Berikut contoh gerakan senam kaki diabetes yang umum dilakukan:

1. Prosedur senam kaki di mulai dengan mempersiapkan peralatan, klien dan lingkungan :
 - a. Persiapan alat yang dibutuhkan : handscoon, kertas koran dan kursi.
 - b. Persiapan klien : beritahu klien , waktu, tempat dan tujuan dilaksanakan senam kaki
 - c. Persiapan lingkungan : menjaga privacy pasien, ciptakan lingkungan yang aman dan nyaman bagi pasien.
2. Langkah-langkah senam kaki :
 - a. Senam kaki bisa dilakukan dalam posisi berdiri, duduk serta tiduran. Jika dilakukan dalam posisi duduk maka posisikan pasien duduk tegak di atas bangku dengan kaki menyentuh lantai
 - b. Letakkan tumit di lantai, luruskan dan tekuk jari kaki sebanyak 10 kali.
 - c. Salah satu tumit diletakkan dilantai, angkat telapak kaki ke atas dan kaki lainnya, jari-jari kaki diletakkan di lantai dengan tumit kaki diangkat keatas. Dilakukan bersamaan pada kaki kiri dan kanan secara bergantian dan diulang sebanyak 10 kali.

- d. Meletakkan jari-jari kaki dilantai. Tumit diangkat keatas dan diturunkan kembali ke lantai, lakukan gerakan ini sebanyak 10 kali.
- e. Meletakkan kedua tumit kaki di lantai. Bagian ujung kaki (jari-jari kaki) diangkat ke atas dan lakukan gerakan memutar dengan pergerakkan pada pergelangan kaki sebanyak 10 kali.
- f. Meletakkan kedua ujung kaki (jari-jari kaki) di lantai. Bagian tumit kaki diangkat ke atas dan lakukan gerakan memutar dengan pergerakkan pada pergelangan kaki sebanyak 10 kali.
- g. Luruskan salah satu kaki dan angkat, putar kaki pada pergelangan kaki, dilakukan 10 kali secara bergantian. Gerakan ini sama dengan posisi tidur.
- h. Selembar koran diletakan di lantai, dengan menggunakan kedua kaki, bentuk kertas itu menjadi seperti bola. Kemudian, bola yang sudah terbentuk buka kembali menjadi lembaran seperti semula. Dilakukan cukup sekali saja
 - 1) Kemudian robek koran menjadi 2 bagian, pisahkan kedua bagian koran.
 - 2) Robekan yang satu di sobek-sobek dengan menggunakan kedua kaki menjadi kecil-kecil.
 - 3) Sobekan-sobekan tersebut dipindahkan kumpulan dengan kedua kaki lalu letakkan sobekkan kertas pada bagian kertas yang utuh.
 - 4) Bungkus semuanya dengan kedua kaki menjadi bentuk bola (Widiawati et al., 2020).

Senam kaki sebaiknya dilakukan minimal 3-5 kali dalam seminggu dengan durasi sekitar 15-20 menit (Hidayat & Rahmawati, 2024). Dengan melakukan terapi insulin sesuai aturan dan rutin melaksanakan senam kaki, kadar gula darah pasien diabetes tipe 2 dapat lebih mudah terkontrol. Kombinasi kedua terapi ini memberikan manfaat ganda, yaitu pengendalian gula darah sekaligus mencegah terjadinya komplikasi pada kaki (Wulandari et al., 2023).

2.3.7 Indikasi Pemberian Senam Kaki

Senam kaki merupakan salah satu intervensi non-farmakologis yang efektif digunakan dalam perawatan pasien diabetes mellitus tipe 2. Latihan ini bertujuan untuk memperbaiki sirkulasi darah perifer, meningkatkan kekuatan otot ekstremitas bawah, dan mencegah komplikasi neuropati diabetik. Menurut Wicaksono et al.

(2021), senam kaki dapat meningkatkan aliran darah ke kaki sehingga memperbaiki perfusi jaringan perifer dan mengurangi risiko ulkus diabetik.

Senam kaki juga diindikasikan pada pasien diabetes yang mengalami penurunan sensitivitas saraf, kesemutan, atau gejala neuropati ringan hingga sedang. Selain itu, latihan ini sangat bermanfaat bagi pasien yang memiliki gaya hidup sedentari karena dapat membantu meningkatkan aktivitas fisik tanpa memerlukan alat khusus (Zainudin et al., 2022). Pasien dengan kadar gula darah tidak stabil juga dapat merasakan manfaat dari senam kaki, karena aktivitas ringan ini turut membantu menurunkan kadar glukosa darah secara bertahap (Fitria & Pratama, 2021).

2.3.8 Kontraindikasi Pemberian Senam Kaki

Meskipun senam kaki tergolong sebagai intervensi yang aman dan mudah dilakukan, tetap ada beberapa kontraindikasi yang perlu diperhatikan sebelum melakukan latihan ini. Menurut Astutik dan Yuliana (2020), senam kaki tidak disarankan pada pasien dengan luka terbuka atau infeksi aktif di kaki, karena pergerakan dapat memperburuk kondisi luka atau mempercepat penyebaran infeksi.

Selain itu, senam kaki juga sebaiknya dihindari pada pasien dengan gagal jantung berat, gangguan keseimbangan, atau kelumpuhan ekstremitas bawah, karena latihan ini dapat meningkatkan risiko jatuh atau cedera lebih lanjut (Wicaksono et al., 2021). Pasien dengan nyeri hebat pada kaki atau komplikasi iskemik juga perlu mendapatkan penilaian terlebih dahulu sebelum melakukan latihan ini.

2.3.9 Efek Samping Pemberian Senam Kaki

Secara umum, senam kaki memiliki risiko efek samping yang rendah. Namun demikian, efek samping tetap dapat muncul terutama bila latihan dilakukan tanpa pengawasan atau tidak disesuaikan dengan kondisi fisik pasien. Efek samping ringan yang mungkin terjadi adalah pegal, kram otot, atau nyeri ringan pada kaki setelah latihan, khususnya pada pasien yang sebelumnya tidak terbiasa melakukan aktivitas fisik (Fitria & Pratama, 2021).

Menurut Zainudin et al. (2022), bila senam kaki dilakukan dengan teknik yang salah atau terlalu intens, pasien dapat mengalami ketegangan otot atau bahkan

memperburuk kondisi neuropati. Selain itu, pada pasien dengan gangguan keseimbangan, latihan ini dapat meningkatkan risiko jatuh jika tidak didampingi oleh tenaga medis atau caregiver. Karena itu, sebelum melakukan senam kaki, penting untuk melakukan penilaian fisik terlebih dahulu dan memberikan edukasi teknik yang benar serta pengawasan saat latihan awal (Astutik & Yuliana, 2020).

2.4 Kombinasi Terapi Insulin dan Senam Kaki terhadap Penurunan Kadar Gula Darah pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2

Pengelolaan diabetes mellitus tipe 2 tidak cukup hanya dengan satu jenis terapi saja. Dalam praktiknya, terapi diabetes memerlukan pendekatan yang menyeluruh, baik secara farmakologis maupun non-farmakologis. Salah satu kombinasi yang sering digunakan adalah pemberian insulin bersamaan dengan aktivitas fisik, seperti senam kaki diabetes (Wulandari et al., 2023).

Insulin berfungsi sebagai pengontrol utama kadar gula darah melalui mekanisme meningkatkan pengambilan glukosa oleh jaringan tubuh dan menekan produksi glukosa oleh hati (*American Diabetes Association, 2023*). Namun, pada beberapa pasien, terapi insulin saja belum tentu cukup untuk menstabilkan kadar gula darah, terutama jika pasien masih memiliki kebiasaan hidup yang kurang aktif.

Senam kaki diabetes merupakan salah satu jenis latihan fisik ringan yang dapat membantu meningkatkan efektivitas kerja insulin. Dengan melakukan gerakan sederhana seperti menekuk dan meluruskan jari kaki, mengangkat tumit, serta memutar pergelangan kaki, aliran darah di bagian bawah tubuh akan meningkat (Putri et al., 2023). Peningkatan sirkulasi darah ini membantu sel-sel tubuh lebih responsif terhadap insulin, sehingga proses penyerapan glukosa menjadi lebih optimal (Hidayat & Rahmawati, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Wulandari et al. (2023) membuktikan bahwa kombinasi insulin dan senam kaki memberikan penurunan kadar gula darah yang lebih baik dibandingkan penggunaan insulin tanpa senam kaki. Dalam penelitian tersebut, setelah empat minggu terapi kombinasi, pasien mengalami penurunan kadar gula darah puasa sebesar rata-rata 20-30 mg/dL.

Selain membantu menurunkan kadar gula darah, senam kaki juga memiliki manfaat tambahan dalam mencegah komplikasi kaki diabetes, seperti luka atau neuropati (Putri et al., 2023). Dengan demikian, kombinasi terapi insulin dan senam

kaki tidak hanya bermanfaat untuk mengontrol gula darah, tetapi juga untuk menjaga kesehatan kaki penderita diabetes. Melalui kombinasi terapi insulin dan senam kaki secara rutin, diharapkan pasien DM tipe 2 dapat menjaga kadar gula darah tetap stabil, terhindar dari komplikasi, serta meningkatkan kualitas hidupnya secara keseluruhan.

