

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Diabetes Mellitus

2.1.1 Pengertian Diabetes Mellitus

Diabetes Mellitus menurut WHO (2023) adalah penyakit kronis yang terjadi ketika pankreas tidak memproduksi cukup insulin atau ketika tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang dihasilkan secara efektif. Insulin adalah hormon yang mengatur glukosa darah. Diabetes Mellitus merupakan sekelompok gangguan metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah (*hiperglikemia*) akibat adanya gangguan pada sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya. Kondisi *hiperglikemia* kronis pada diabetes berhubungan dengan terjadinya kerusakan jangka panjang, disfungsi, serta kegagalan berbagai organ, terutama mata, ginjal, saraf, jantung, dan pembuluh darah (Anugerah, 2020).

Diabetes Mellitus Tipe II merupakan kondisi metabolik yang ditandai oleh penurunan sensitivitas jaringan terhadap insulin (resistensi insulin) yang disertai dengan penurunan fungsi sel beta pankreas secara progresif. Keadaan ini umumnya diawali oleh defisiensi insulin relatif yang kemudian berkembang menjadi gangguan sekresi insulin yang bergantung pada kadar glukosa (Harreiter & Roden, 2023).

Dengan demikian, Diabetes Mellitus Tipe II merupakan gangguan yang ditandai oleh resistensi insulin dan penurunan fungsi sel beta pankreas yang menyebabkan hiperglikemia berkepanjangan. Kondisi ini berperan penting dalam terjadinya kerusakan pembuluh darah dan saraf perifer, sehingga menjadi dasar munculnya berbagai komplikasi, termasuk gangguan perfusi perifer.

2.1.2 Etiologi Diabetes Mellitus

Hiperglikemia atau kondisi meningkatnya kadar glukosa darah, merupakan konsekuensi yang terjadi pada diabetes yang tidak terkelola dengan baik. Apabila berlangsung jangka panjang dapat menimbulkan kerusakan pada berbagai sistem organ. Secara epidemiologis, lebih dari 95% kasus diabetes yang ditemukan di masyarakat merupakan diabetes melitus tipe 2 (WHO, 2023).

Pada diabetes tipe 2, pankreas masih bisa membuat insulin, tetapi tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga glukosa dalam darah meningkat. Pasien yang mengidap diabetes tipe 2 biasanya tidak perlu tambahan suntikan insulin dalam pengobatannya, tetapi memerlukan obat yang bekerja untuk memperbaiki fungsi insulin, menurunkan glukosa, dan memperbaiki pengolahan gula di hati. Kemungkinan lain terjadinya diabetes tipe 2 adalah sel-sel jaringan tubuh dan otot pasien sudah resisten terhadap insulin. Akibatnya, insulin tidak bisa bekerja dengan baik dan glukosa akhirnya tertimbun dalam peredaran darah. Keadaan ini umumnya terjadi pada pasien yang gemuk atau obesitas (Gieroba et al., 2025).

2.1.3 Patofisiologi Diabetes Mellitus

Seperti suatu mesin, pada manusia bahan bakar berasal dari bahan makanan yang dimakan sehari-hari, yang terdiri dari karbohidrat (gula dan tepung-tepungan), protein (asam amino) dan lemak (asam lemak). Pengolahan bahan makanan dimulai di mulut kemudian ke lambung dan selanjutnya ke usus. Di dalam saluran pencernaan makanan dipecah menjadi bahan dasar dari makanan tersebut. Karbohidrat menjadi glukosa, protein menjadi asam amino dan lemak menjadi asam lemak. Ketiga zat makanan akan diserap oleh usus kemudian masuk ke dalam pembuluh darah dan diedarkan ke seluruh tubuh untuk dipergunakan oleh organ-

organ di dalam tubuh sebagai bahan bakar. Supaya dapat berfungsi sebagai bahan bakar, zat makanan harus masuk dulu ke dalam sel supaya dapat diolah. Di dalam sel, zat makanan terutama glukosa dibakar melalui proses kimia yang rumit yang hasil akhirnya adalah timbulnya energi. Proses ini disebut metabolisme. Dalam proses metabolisme insulin memegang peran yang sangat penting yaitu bertugas memasukkan glukosa ke dalam sel, untuk selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Insulin ini adalah hormon yang dikeluarkan oleh sel beta di pankreas (Suyono et al., 2015).

Pankreas adalah sebuah kelenjar yang letaknya di belakang lambung. Di dalamnya, terdapat kumpulan sel yang berbentuk seperti pulau peta, karena itu disebut pulau-pulau Langerhans yang berisi sel beta yang mengeluarkan hormon insulin, yang mempunyai peran mengatur kadar glukosa darah. Tiap pankreas mengandung kurang lebih 100.000 pulau Langerhans dan tiap pulau berisi 100 sel beta (Suyono et al., 2015).

Insulin yang dikeluarkan oleh sel beta dapat diibaratkan sebagai anak kunci yang dapat membuka pintu masuknya glukosa ke dalam sel, kemudian di dalam sel glukosa dimetabolisasikan menjadi tenaga. Bila insulin tidak ada maka glukosa tidak dapat masuk sel dengan akibat glukosa akan tetapi berada di dalam pembuluh darah yang artinya kadarnya didalam darah meningkat (Suyono et al., 2015).

2.1.4 Manifestasi Klinis Diabetes Mellitus

Tanda dan gejala diabetes melitus dibagi menjadi dua bagian besar berdasarkan ada tidaknya gejala khas Diabetes Melitus:

a. Gejala khas Diabetes Melitus terdiri dari trias diabetik yaitu :

1) Poliuria (banyak kencing), peningkatan pengeluaran urine terjadi apabila peningkatan glukosa melebihi nilai ambang ginjal untuk reabsorpsi glukosa, maka akan terjadi glukosuria. Hal ini menyebabkan diuresis osmotik yang secara klinis bermanifestasi sebagai poliuria.

2) Polidipsi (banyak minum), peningkatan rasa haus terjadi karena tingginya kadar glukosa darah yang menyebabkan dehidrasi berat pada sel di seluruh tubuh. Hal ini terjadi karena glukosa tidak dapat dengan mudah berdifusi melewati pori-pori membran sel. Rasa lelah dan kelemahan otot akibat katabolisme protein di otot dan ketidakmampuan sebagian besar sel untuk menggunakan glukosa sebagai energi. Aliran darah yang buruk pada pasien diabetes kronis juga berperan menyebabkan kelelahan.

3) Polifagia (banyak makan), peningkatan rasa lapar terjadi karena penurunan aktivitas kenyang di hipotalamus. Glukosa sebagai hasil metabolisme karbohidrat tidak dapat masuk ke dalam sel, sehingga menyebabkan terjadinya kelaparan sel.

b. Gejala tidak khas Diabetes Melitus diantaranya lemas, kesemutan, luka yang sulit sembuh, gatal, mata kabur, disfungsi ereksi (pria) dan pruritus (wanita) (Kemenkes, 2020).

2.1.5 Komplikasi Diabetes Mellitus

Komplikasi yang berkaitan dengan diabetes diklasifikasikan sebagai komplikasi akut dan kronik, menurut Smeltzer (2019):

A. Komplikasi akut terjadi akibat intoleransi glukosa yang berlangsung dalam jangka waktu pendek dan mencakup berikut:

1. Hipoglikemia, yaitu keadaan seseorang dengan kadar glukosa darah di bawah nilai normal ($<60\text{mg/dL}$).
2. Ketoasidosis Diabetikum, atau disebut koma diabetik karena tubuh sangat kekurangan insulin.
3. Sindrom Hiperglikemik Hiperosmolar Nonketotik (HNNS)

B. Komplikasi kronik terjadi 10-15 tahun setelah permulaan diabetes melitus, mencakup berikut:

1. Penyakit makrovaskular (pembuluh darah besar): memengaruhi sirkulasi koroner, pembuluh darah perifer, dan pembuluh darah otak
2. Penyakit mikrovaskular (pembuluh darah kecil): memengaruhi mata retinopati dan ginjal (nefropati), kontrol kadar gula darah untuk menunda atau mencegah permulaan komplikasi mikrovaskular maupun makrovaskular.
3. Penyakit neuropatik: memengaruhi saraf sensorik motorik dan otonom serta berperan memunculkan sejumlah masalah, seperti impotensi dan ulkus kaki.

2.1.6 Faktor yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Glukosa Darah

Faktor yang mempengaruhi ketidakstabilan kadar glukosa darah menurut Setianto et al., (2023):

1. Data demografi yang mempengaruhi kestabilan gula darah dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, riwayat keluarga, tingkat

pendidikan, tinggi badan, dan Indeks Masa Tubuh (IMT). Hal ini terjadi karena pada usia dewasa hingga lansia memiliki perubahan dalam sistem pengaturan glukosa darah yang mengakibatkan peningkatan glukosa darah lebih tinggi dari normal.

2. Faktor pola makan

Konsumsi karbohidrat berlebih dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa sehingga penderita beresiko untuk mengalami hiperglikemia (Adu et al., 2019)

3. Faktor aktivitas fisik

Didukung oleh penelitian Eberle (2020), aktivitas fisik merupakan salah satu terapi yang efektif untuk berbagai kondisi terutama pada pasien DM. Aktivitas fisik dapat mengurangi kadar gula darah, meningkatkan peredaran darah, meningkatkan masa otot, dan meningkatkan metabolisme tubuh.

4. Faktor lama terdiagnosa penyakit DM

Pasien dengan kadar gula darah yang buruk sudah terdiagnosa DM lebih lama dan mendapatkan terapi DM kombinasi memiliki resiko ketidakstabilan gula darah dibandingkan pasien dengan DM yang masih terdiagnosa awal.

5. Kepatuhan terapi

Semakin patuh seseorang melakukan terapi OAD maka semakin terkontrol pula kadar gula darah, penderita DM memiliki kepatuhan yang rendah karena tidak memiliki pengalaman dalam menggunakan insulin sehingga salah persepsi.

6. Faktor pengetahuan

Menurut Adu et al., (2019), tingkat pendidikan seseorang juga dapat berpengaruh terhadap kestabilan gula darah karena semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang maka akan semakin baik pula pengetahuan seseorang dalam hal mencegah adanya komplikasi penyakit dan menggunakan teknologi untuk mencari informasi tentang penatalaksanaan penyakit DM dan mengontrol kadar gula darah dalam tubuh.

7. Faktor penyakit penyerta

Adanya komplikasi penyakit DM dengan ketidakstabilan gula darah merupakan hubungan sebabakibat. Ketidakstabilan gula darah dapat memicu banyak komplikasi seperti ulkus decubitus, neuropati, nefropati dan lain-lain, sebaliknya komplikasi yang terjadi pada penyakit DM juga dapat memicu kegagalan organ sehingga kadar gula darah tidak dapat dikontrol walaupun sudah melakukan strategi penatalaksanaan yang tepat.

Secara patofisiologis, berbagai faktor tersebut berkaitan erat dengan mekanisme resistensi insulin yang umum terjadi pada pasien Diabetes Mellitus tipe 2. Berikut faktor-faktor resistensi insulin menurut Suyono et al., (2015):

1. Obesitas

Obesitas menyebabkan tubuh menghasilkan sinyal kimia yang mengganggu kerja insulin sehingga glukosa tidak dapat masuk ke sel dengan efektif, yang kemudian meningkatkan resistensi insulin dan meningkatkan risiko terjadinya diabetes mellitus tipe 2.

2. Diet tinggi lemak dan rendah karbohidrat

Pola makan dengan kandungan lemak yang tinggi berkontribusi terjadinya penumpukan lemak pada jaringan hati dan otot. Akumulasi lemak tersebut dapat mengganggu proses kerja insulin melalui hambatan pada jalur penyampaian sinyal insulin.

3. Kurang gerak/olahraga

Kurangnya gerak menyebabkan otot tidak aktif menggunakan glukosa, sehingga kemampuan tubuh merespon insulin menurun. Aktivitas fisik atau olahraga teratur membantu meningkatkan kepekaan sel terhadap insulin dan memperbaiki kemampuan sel dalam mengangkut glukosa.

4. Faktor keturunan atau herediter

Riwayat keluarga dengan diabetes memengaruhi regulasi metabolisme glukosa, respons insulin, serta kemampuan pankreas memproduksi insulin. Dengan demikian, individu dengan riwayat keluarga DM tipe 2 memiliki kerentanan lebih tinggi meskipun faktor lingkungan tetap berpengaruh.

Penderita penyakit DM yang semakin banyak setiap tahunnya disebabkan oleh beberapa faktor seperti, semakin banyaknya keluarga yang memiliki riwayat penyakit DM sehingga beresiko menurunkan ke generasi berikutnya, pola makan yang tidak sehat, masyarakat yang berusia dewasa dan lansia dimana usia tersebut lebih rentan karena adanya penurunan fungsi organ, gaya hidup yang buruk, obesitas atau berat badan berlebih, serta tingkat pendidikan yang rendah atau kurangnya informasi tentang penyakit Diabetes Mellitus.

2.2 Konsep Perfusi Perifer Ekstremitas Bawah

2.2.1 Definisi perfusi perifer ekstremitas bawah

Secara fisiologis, perfusi perifer ekstremitas bawah didefinisikan sebagai suatu proses sirkulasi darah yang bertujuan untuk menghantarkan oksigen dan zat-zat nutrisi melalui sistem arteri menuju jaringan tungkai dan kaki, sekaligus mengembalikan darah yang telah mengalami penurunan kadar oksigen melalui sistem vena. Proses ini berperan fundamental dalam mempertahankan viabilitas seluler, memelihara fungsi saraf sensorik dan motorik, serta menjaga keutuhan struktur jaringan di daerah tersebut (Gina & Putri, 2023)

Diagnosis umum ditemukan pada pasien dengan kelainan vaskuler, di mana suplai darah tidak mampu memenuhi kebutuhan metabolisme jaringan. Pada kondisi yang sehat dan tanpa hambatan, perfusi perifer berlangsung secara lancar dan adekuat. Sebaliknya, pada keadaan patologis seperti Penyakit Arteri Perifer (PAP), terjadi penyempitan atau penyumbatan pada lumen arteri. Kondisi obstruktif ini mengakibatkan berkurangnya aliran darah atau yang dikenal dengan istilah *poor circulation* (sirkulasi yang buruk) pada ekstremitas (Alfin et al., 2024).

2.2.2 Dampak gangguan perfusi pada ekstremitas bawah

Gangguan perfusi perifer pada ekstremitas bawah adalah kondisi ketidakadekuatan aliran darah ke jaringan kaki, yang mengakibatkan penurunan suplai oksigen dan nutrisi. Kondisi ini umum terjadi pada penderita Diabetes Melitus Tipe 2 akibat disfungsi pembuluh darah mikrovaskular dan makrovaskular. Dampak utamanya adalah iskemia jaringan, yaitu keadaan kekurangan oksigen karena berkurangnya aliran darah. Iskemia yang berkepanjangan dapat

menyebabkan kerusakan jaringan, nekrosis, dan meningkatkan risiko komplikasi kaki diabetik (Suprasno et al., 2023).

Selain itu, gangguan perfusi juga berdampak memperlambat proses penyembuhan luka. Aliran darah yang tidak optimal menghambat distribusi oksigen, nutrisi, dan sel imun ke area luka, sehingga regenerasi jaringan terhambat. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko infeksi dan memperburuk ulkus. Jika tidak ditangani, gangguan perfusi dapat berkembang menjadi komplikasi serius seperti gangren hingga memerlukan tindakan amputasi (Ismail et al., 2023).

2.3 Konsep Indikator *Capillary Refill Time* (CRT)

2.3.1 Pengertian *Capillary Refill Time* (CRT)

Dalam buku ajar Pemantauan Hemodinamik menjelaskan *Capillary refill time* (CRT) adalah tes yang dilakukan dengan cepat pada daerah kuku untuk menilai jumlah aliran darah (perfusi) ke jaringan. Pemeriksaan CRT dilakukan dengan cara tangan atau kaki pasien yang akan diperiksa dipengang dan diangkat lebih tinggi dari jantung untuk mencegah refluks aliran darah vena, kemudian kuku jari tangan atau kaki ditekan secara lembut sampai berwarna putih lalu dilepaskan. Waktu yang dibutuhkan kuku untuk kembali ke warna semula (merah) setelah tekanan dilepaskan di hitung. Jika perfusi baik aliran darah ke daerah kuku akan baik, pada orang dewasa warna kuku akan kembali ke warna semula kurang dari tiga detik (Sirait, 2020).

2.3.2 Faktor yang memengaruhi *Capillary Refill Time* (CRT)

Beberapa faktor dapat memengaruhi nilai CRT beberapa di antaranya, disebabkan oleh prinsip pengukuran manual yang bergantung pada pengamat. CRT dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor tambahan seperti perbedaan kondisi

lingkungan, pigmentasi kulit, dan keberadaan cat kuku atau kuku palsu, bahkan hal ini bergantung pada reliabilitas intraobserver dan interobserver. Penurunan suhu kulit dikaitkan dengan nilai CRT manual yang berkepanjangan pada orang dewasa maupun anak-anak. Hasil pengukuran CRT manual berbeda secara signifikan antara kondisi terang dan gelap. Oleh karena itu, pencahayaan yang memadai diperlukan untuk menilai parameter ini secara akurat melalui inspeksi visual (Akimbekov et al., 2025).

2.3.3 Interpretasi Klinis CRT

Standarisasi CRT didefinisikan oleh Beecher pada tahun 1947. Pemeriksa yang melakukan pemeriksaan memberikan tekanan manual pada permukaan ventral falang distal jari tangan atau kaki hingga dasar kuku memucat. Tekanan ini dipertahankan selama lima detik, lalu dilepaskan. Lamanya waktu dalam detik, yang berlalu sebelum reperfusi terjadi dan warna normal kembali pada jari disebut *Capillary Refill Time*. Batas atas waktu normal hingga reperfusi kurang dari 2 detik. *Capillary Refill Time* yang memanjang (lebih dari dua detik) dapat ditemukan pada keadaan dehidrasi, hipotermia, penyakit pembuluh darah perifer, dan syok (Akimbekov et al., 2025).

Tabel 2.1 Interpretasi *Capillary Refill Time* menurut McGuire et al., (2025)

No	Hasil CRT	Keterangan
1	≤ 2 detik	Normal
2	> 2 detik	Tidak normal/terjadi penurunan perfusi

2.4 Konsep *Buerger Allen Exercise*

2.4.1 Pengertian *Buerger Allen Exercise*

Buerger Allen Exercise adalah terapi nonfarmakologis yang diusulkan oleh Leo Buerger pada tahun 1924 dan dimodifikasi oleh Arthur W. Allen pada tahun 1931. Latihan *Buerger Allen* (BAE) merupakan salah satu bentuk intervensi latihan yang bertujuan untuk meningkatkan perfusi pada ekstremitas bawah. Latihan ini berperan dalam meningkatkan sirkulasi darah perifer dengan melibatkan berbagai sendi gerak atau peregangan ke segala arah, sehingga dapat mendukung proses penyembuhan luka serta mengurangi gejala neuropati perifer pada pasien. Melalui mekanisme peningkatan aliran darah dan oksigenasi jaringan, *Buerger Allen Exercise* membantu memperbaiki fungsi vaskular serta menjaga integritas jaringan pada individu dengan gangguan sirkulasi perifer, seperti pada pasien dengan diabetes melitus (Nuraini et al., 2023).

BAE merupakan latihan postural aktif dengan gravitasi secara bergantian mengisi dan mengosongkan pembuluh darah untuk mencegah penyakit vaskular perifer dan meningkatkan sirkulasi kolateral pada ekstremitas bawah (Radhika et al., 2021).

2.4.2 Tujuan dan Manfaat *Buerger Allen Exercise*

Salah satu bentuk terapi latihan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya komplikasi pada pasien diabetes melitus. Latihan ini dilakukan untuk meningkatkan perfusi dan sirkulasi oksigen ke area perifer, sehingga membantu melancarkan peredaran darah dan menjaga fungsi vaskular perifer. Hal ini menunjukkan bahwa, *Buerger Allen Exercise* berperan penting dalam meningkatkan kesehatan jaringan

perifer serta mengurangi risiko gangguan sirkulasi yang sering terjadi pada penderita diabetes melitus (Yulianto et al., 2023).

Selain itu, perubahan posisi postural pada *Buerger Allen Exercise* akan membantu pengisian kolom darah secara bergantian yang berperan dalam meningkatkan transportasi darah melalui pembuluh darah dan mencegah terjadinya penyakit vaskular perifer (Yulianto et al., 2023).

2.4.3 Mekanisme *Buerger Allen Exercise* terhadap Perfusi Perifer

Latihan *Buerger Allen* adalah salah satu jenis latihan yang dilakukan untuk meningkatkan Perfusi Ekstremitas Bawah sehingga mempercepat proses penyembuhan luka dan mengurangi gejala neuropati perifer pada pasien diabetes melitus (Radhika et al., 2021).

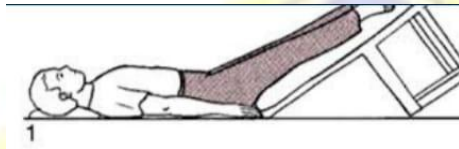
Buerger Allen Exercise, terutama dalam mendukung fungsi sirkulasi perifer dapat mengurangi rasa nyeri yang sering dialami oleh pasien diabetes melitus tipe 2. Latihan ini berperan dalam melancarkan dan meningkatkan suplai darah ke ekstremitas, serta memungkinkan terbentuknya struktur vaskular baru, yang berkontribusi terhadap proses penyembuhan luka. Gerakan kaki dalam latihan membantu melancarkan sirkulasi darah, sehingga oksigen dan nutrisi dapat lebih optimal ke sel-sel pada kaki (Yulianto et al., 2023).

2.4.4 Prosedur Pelaksanaan Terapi

Menurut Nuraini et al., (2023). Berikut prosedur *Buerger Allen Exercise*:

Langkah 1

Pasien tidur terlentang di atas bed dalam posisi kaki dan tungkai di tinggikan/elevasi ke sudut 45 sampai 90 derajat sampai kaki memucat kemudian turunkan kaki dan tungkai selama 2-3 menit.



Gambar 2.1 Buerger Allen Exercise-Gerakan Elevasi

Langkah 2

Pasien duduk di pinggir bed dengan kaki dan tungkai tergantung dengan melakukan berbagai gerakan kaki seperti fleksi knee kemudian ekstensi knee, dorsifleksi, plantar fleksi, rotasi hingga kaki berwarna merah muda. Jika kaki berwarna biru atau merasakan sakit, maka angkat kaki ke atas bed dan rileks selama 5 menit.



Gambar 2.2 Buerger Allen Exercise-Menggantungkan Kaki dan Elevasi

Langkah 3

Pasien berbaring di atas bed dengan posisi kaki horizontal (diluruskan) berikan selimut menjaga agar suhu hangat selama 5 menit.



Gambar 2.3 Posisi Relaksasi

2.5 Konsep Senam Kaki Diabetik

2.5.1 Pengertian Senam Kaki Diabetik

Senam kaki diabetes merupakan salah satu bentuk aktivitas fisik yang dapat dilakukan pasien diabetes guna menghindari cedera serta meningkatkan aliran darah ke kaki pasien. Gerakan kaki yang dilakukan secara bersamaan dan bergantian dapat melenturkan serta memperkuat otot betis, jari-jari dan pergelangan kaki (Yuda et al., 2025). Senam ini merupakan bentuk latihan fisik yang dirancang untuk meningkatkan sirkulasi darah dan memperbaiki sensitivitas insulin pada ekstremitas bawah penderita diabetes (Prasetyo & Bakri, 2026). Hal ini sesuai dengan prinsip aktivitas diabetes yang menyatakan sebagian besar orang dewasa dengan diabetes sebaiknya melakukan ≥ 150 menit per minggu dengan intensitas sedang hingga kuat, yang dibagi ke dalam 2-3 hari per minggu (ADA, 2020).

2.5.2 Tujuan dan Manfaat Senam Kaki Diabetik

Senam kaki diabetes bertujuan untuk memperbaiki sirkulasi dalam darah, dapat memperkuat otot-otot kecil maupun otot paha dan betis, serta mencegah terjadinya keterbatasan pergerakan sendi. Kontraksi otot selama latihan membuat sel otot menjadi lebih responsif terhadap insulin, sehingga glukosa darah yang tinggi dapat dimanfaatkan oleh otot sebagai sumber energi. (Yuda et al., 2025)

Selain itu senam kaki diabetik juga mampu menurunkan kadar gula darah, sehingga dapat mencegah komplikasi selanjutnya. Senam kaki berpengaruh pada nilai sensasi kaki dan pengkajian fisik kaki penderita neuropati diabetik setelah senam kaki dan berdampak pada peningkatan sensitivitas kaki (Astuti et al., 2021).

2.5.3 Mekanisme Senam Kaki Diabetik terhadap Perfusi Perifer

Senam kaki terbukti efektif dalam meningkatkan sirkulasi darah, baik pada tingkat mikrosirkulasi maupun makro (pembuluh darah perifer). Meta-analisis tahun 2025 mengkonfirmasi bahwa aktivitas fisik dapat memperbaiki mikrosirkulasi darah di ekstremitas bawah pada pasien DM (Palacios et al., 2025). Gerakan-gerakan pada senam kaki, seperti peregangan dan pergerakan sendi pergelangan kaki dan jari-jari, merangsang pelepasan faktor relaksasi dari pembuluh darah. Ini menyebabkan vasodilatasi (pelebaran pembuluh darah) sehingga aliran darah ke jaringan perifer meningkat (Jatmiko & Tarwoto, 2024).

2.5.4 Prosedur Pelaksanaan Terapi

Berikut prosedur pelaksanaan terapi senam kaki menurut Dewi et al., (2025):
Persiapan alat dalam senam ini antara lain kertas koran 2 lembar dan kursi. Untuk prosedur pelaksanaan senam kaki diabetik adalah sebagai berikut:

1. Duduk secara tegak diatas kursi dengan kaki menyentuh lantai.



Gambar 2.4 Senam Kaki Diabetes

(Sumber: Fakultas Keperawatan Unair 2022)

2. Dengan meletakkan tumit di lantai, jari-jari kedua belah kaki diluruskan ke atas lalu bengkokkan kembali ke bawah seperti cakar ayam sebanyak 10 kali.



3. Dengan meletakkan salah satu tumit di lantai, angkat telapak kaki ke atas. Pada kaki lainnya, jari-jari kaki diletakkan di lantai dengan tumit kaki diangkat ke atas. Gerakan dilakukan bersamaan pada kaki kanan dan kiri secara bergantian dan diulangi sebanyak 10 kali.



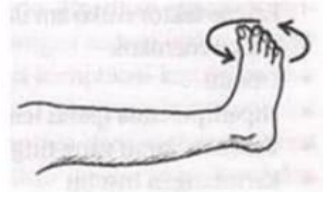
4. Tumit kaki diletakkan di lantai. Kemudian ujung jari kaki diangkat ke atas dan buat putaran 360° pada pergelangan kaki sebanyak 10 kali.



5. Jari-jari kaki diletakkan di lantai. Tumit diangkat dan buat gerakan memutar dengan pergerakan pada pergelangan kaki sebanyak 10 kali.



6. Kaki diangkat ke atas dengan meluruskan lutut. Putaran 360° dibuat dengan pergerakan pada pergelangan kaki sebanyak 10 kali.



7. Lutut diluruskan lalu dibengkokkan kembali ke bawah sebanyak 10 kali.

Ulangi langkah ini untuk kaki yang sebelahnya.



8. Letakan selebar koran di lantai. Kemudian bentuk kertas menjadi bola dengan kedua kaki. Lalu buka kembali bola tersebut menjadi lembaran seperti semula, gerakan dilakukan hanya sekali.



Latihan kaki bagi penderita DM merupakan bagian penting dari pencegahan sekunder pada individu dengan DM. Latihan ini dirancang untuk meningkatkan fungsionalitas kaki pergelangan kaki, rentang gerak, kekuatan, dan kualitas hidup secara keseluruhan pada pasien diabetes (Rodrigues et al., 2024).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Pramidyastuti & Theresia (2024) menunjukkan bahwa perfusi perifer pemeriksaan CRT dan SpO₂ setelah dilakukan senam kaki selama 3 hari berturut - turut tampak stabil normal. Hal ini menunjukkan bahwa sirkulasi perifer tetap terjaga dengan adanya *stretching* atau peregangan pada ekstremitas selama senam kaki.

2.6 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Diabetes Mellitus tipe II merupakan penyakit metabolik kronis yang menimbulkan komplikasi pada sistem vaskular perifer, salah satunya gangguan perfusi jaringan pada ekstremitas bawah. Gangguan perfusi perifer pada penderita DM tipe II dapat meningkatkan risiko terjadinya kaki diabetik, luka kronis, hingga amputasi. Salah satu cara sederhana untuk menilai perfusi perifer adalah melalui pengukuran *Capillary Refill Time* yang menggambarkan kecepatan aliran darah kapiler ke jaringan perifer (Saputri et al., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Buerger Allen Exercise* merupakan salah satu intervensi yang efektif dalam meningkatkan perfusi perifer pada pasien Diabetes Mellitus. Penelitian yang dilakukan oleh Saputri et al., (2023) menggunakan desain penelitian pendekatan studi kasus dengan mendeskripsikan hasil observasi menunjukkan hasil bahwa penerapan *Buerger Allen Exercise* pada pasien DM tipe II memberikan perubahan signifikan terhadap nilai *Capillary Refill Time*, ditandai dengan pemendekan waktu pengisian kapiler setelah intervensi. Perbaikan tersebut terjadi karena kombinasi perubahan posisi ekstremitas dan kontraksi otot yang memanfaatkan gaya gravitasi serta *muscle pump*, sehingga meningkatkan aliran darah arteri dan vena pada ekstremitas bawah.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Thakur (2024) menguji efektivitas latihan *Buerger Allen Exercise* dalam meningkatkan perfusi ekstremitas bawah menggunakan indikator ABI dan perfusi klinis seperti (waktu pengisian kapiler, denyut nadi perifer, warna kulit, suhu, dan edema) menunjukkan hasil rata-rata ABI pasca intervensi secara signifikan lebih tinggi pada kelompok intervensi ($1,20 \pm$

0,25). Hasil sekunder waktu pengisian kapiler berkurang dari >3 detik menjadi >2 detik pada 80% pasien yang menjalani intervensi selama 3 hari berturut-turut.

Selain *Buerger Allen Exercise*, senam kaki diabetik juga banyak diteliti sebagai intervensi nonfarmakologis untuk meningkatkan sirkulasi perifer pada penderita DM tipe II. Penelitian *pre-eksperimental* yang dilakukan oleh Barangkau et al., (2025) menyimpulkan olahraga kaki bagi penderita diabetes sebagai tindakan proaktif untuk mencegah komplikasi kronis diabetes melitus tipe 2, dan menumbuhkan harapan untuk peningkatan hasil pengobatan pasien. Hasil terapi latihan kaki diabetik berhubungan secara signifikan dengan perubahan nilai ABI, Skala Nyeri Kaki Diabetik, dan GDS pada pasien Diabetes Melitus tipe 2 sebelum dan setelah terapi (nilai $p < 0,05$).

Penelitian metode kualitatif melalui tinjauan pustaka menelusuri jurnal-jurnal, artikel nasional dan internasional yang terindeks di Scopus, Sinta, dan Copernicus mendapatkan kesimpulan bahwa latihan kaki pada penderita diabetes melitus memiliki pengaruh dalam meningkatkan kualitas hidup pasien diabetes tipe 2. Latihan kaki memberikan kenyamanan, mengurangi rasa sakit dan kerusakan saraf, mengontrol kadar gula darah, meningkatkan sirkulasi darah di kaki, dan memperbaiki gejala neuropati perifer seperti kesemutan dan mati rasa (Zakiudin et al., 2022).

Berdasarkan hasil telaah dari beberapa penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa *Buerger Allen Exercise* dan senam kaki diabetik merupakan intervensi nonfarmakologis yang efektif dalam meningkatkan perfusi perifer pada penderita Diabetes Mellitus tipe II. Berbagai studi menunjukkan bahwa kedua intervensi tersebut mampu memperbaiki sirkulasi darah ekstremitas bawah melalui

mekanisme aktivasi otot, vasodilatasi pembuluh darah, serta peningkatan aliran darah arteri dan vena. Penelitian terkait *Buerger Allen Exercise* secara konsisten mengindikasikan adanya perbaikan parameter perfusi perifer, baik yang diukur melalui *Capillary Refill Time*, *Ankle Brachial Index*, maupun indikator klinis lainnya seperti denyut nadi perifer, warna dan suhu kulit. *Buerger Allen Exercise* dinilai efektif karena mengombinasikan perubahan posisi ekstremitas dengan kontraksi otot yang memanfaatkan gaya gravitasi dan *muscle pump*, sehingga mempercepat pengisian kapiler dan meningkatkan aliran darah perifer.

Sementara itu, senam kaki diabetik juga terbukti memberikan manfaat signifikan terhadap perbaikan sirkulasi perifer, penurunan nyeri kaki, pengendalian kadar glukosa darah, serta perbaikan gejala neuropati perifer. Latihan kaki yang dilakukan secara teratur mampu meningkatkan *Ankle Brachial Index* dan kualitas hidup pasien diabetes tipe II (Lesmana & Silvitasari, 2025).

Meskipun kedua intervensi tersebut telah terbukti efektif secara terpisah, penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas *Buerger Allen Exercise* dan senam kaki diabetik dengan *outcome* utama *Capillary Refill Time* pada penderita Diabetes Mellitus tipe II masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah penelitian yang ada dan memberikan bukti ilmiah mengenai intervensi keperawatan yang paling efektif dalam meningkatkan perfusi perifer berdasarkan nilai CRT pada pasien DM tipe II.

2.7 Teori yang mendasari Penelitian

Teori *muscle pump* menjelaskan bahwa kontraksi dan relaksasi otot rangka, khususnya pada otot kaki dan betis, berperan penting dalam membantu aliran darah vena kembali ke jantung. Mekanisme ini terjadi ketika kontraksi otot menekan

pembuluh vena di sekitarnya sehingga darah terdorong menuju jantung, sedangkan katup vena mencegah aliran darah kembali ke arah perifer. Ketika otot mengalami relaksasi, vena kembali terisi darah dari jaringan sekitar sehingga siklus aliran darah dapat terus berlangsung. Proses ini dikenal sebagai *skeletal muscle pump* yang berfungsi meningkatkan aliran balik vena (*venous return*) serta membantu menjaga sirkulasi darah perifer, terutama pada ekstremitas bawah. Aktivitas fisik seperti berjalan atau latihan kaki dapat meningkatkan aktivitas *muscle pump* sehingga aliran darah dari perifer menuju jantung menjadi lebih efektif dan tekanan vena pada tungkai dapat berkurang (Tauraginskii et al., 2023).

Pada pasien Diabetes Mellitus, hiperglikemia kronis dapat menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah dan saraf perifer sehingga aliran darah ke jaringan perifer menjadi terganggu. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan perfusi jaringan yang sering ditandai dengan memanjangnya waktu *Capillary Refill Time*. Gangguan perfusi perifer pada pasien diabetes dapat meningkatkan risiko komplikasi seperti neuropati perifer, ulkus kaki diabetik, hingga gangguan penyembuhan luka. Oleh karena itu, diperlukan intervensi yang dapat meningkatkan aliran darah pada ekstremitas bawah untuk memperbaiki perfusi jaringan. Salah satu intervensi nonfarmakologis yang dapat dilakukan adalah latihan pada ekstremitas bawah seperti *Diabetic Foot Exercise* dan *Buerger Allen Exercise*. Latihan ini melibatkan kontraksi dan relaksasi otot kaki yang dapat mengaktifkan mekanisme *muscle pump*, sehingga meningkatkan aliran darah perifer dan suplai oksigen ke jaringan. Dengan demikian, latihan kaki pada pasien diabetes dapat membantu memperbaiki sirkulasi perifer yang secara klinis dapat dinilai melalui perbaikan nilai *Capillary Refill Time* (Wiyono et al., 2025).

Selain pendekatan fisiologis, dalam praktik keperawatan juga diperlukan pendekatan konseptual yang menjelaskan bagaimana individu merespon perubahan kondisi kesehatannya. Salah satu teori yang sering digunakan dalam keperawatan adalah Roy *Adaptation Model* yang dikembangkan oleh Callista Roy.

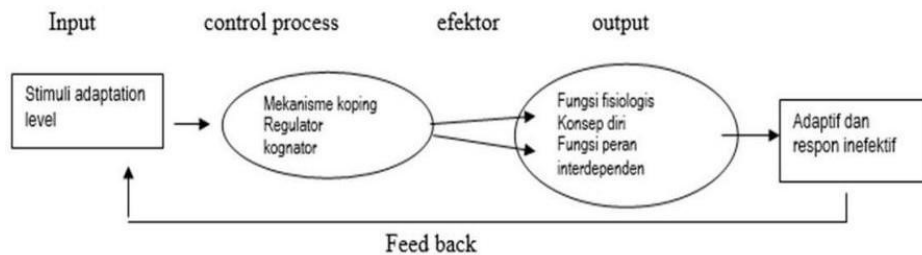
2.8 Konsep Teori Keperawatan Adaptasi Callista Roy

Teori Adaptasi Sister Callista Roy merupakan sebuah kerangka konseptual keperawatan yang memandang individu sebagai makhluk biopsikososial yang terus beradaptasi dengan lingkungannya. Dalam model ini, individu dianggap sebagai sistem terbuka yang menerima berbagai stimulus dari lingkungan dan memberikan respon melalui proses adaptasi untuk mempertahankan keseimbangan. Stimulus yang mempengaruhi individu terdiri dari stimulus fokal, kontekstual, dan residual, yang dapat menghasilkan respon adaptif maupun maladaptif tergantung pada kemampuan individu dalam menyesuaikan diri (Jansen & Rahmawati, 2023)

Dalam Roy Adaptation Model juga menjelaskan dua mekanisme koping utama, yaitu subsistem regulator yang berkaitan dengan respon fisiologis otomatis melalui sistem saraf dan hormon, serta subsistem kognator yang berkaitan dengan proses psikologis seperti persepsi, pembelajaran, dan emosi. Respon adaptasi individu kemudian dapat dinilai melalui empat mode adaptasi, yaitu mode fisiologis, konsep diri, fungsi peran, dan interdependensi, yang digunakan perawat untuk menilai kondisi pasien dan menentukan intervensi keperawatan yang tepat (Shariatpanahi et al., 2020; Laili & Nursanti, 2024).

Tingkat Adaptasi Callista Roy

Adaptasi terjadi melalui tiga komponen utama, yaitu input, proses, dan output.



Gambar 2.5 Model Sistem Adaptasi Roy dalam Laili & Nursanti, (2024)

1. Input (Stimulus)

Manusia sebagai suatu sistem dapat menyesuaikan diri dengan menerima masukan dari lingkungan luar dan lingkungan dalam diri individu itu sendiri. Stimulus dikelompokkan menjadi 3 (tiga) jenis, antara lain:

- a. Stimulus fokal yaitu rangsangan utama yang secara langsung dihadapi dan memberi efek segera. Contoh: kuman penyebab infeksi.
- b. Stimulus kontekstual yaitu faktor yang ikut mempengaruhi respons terhadap stimulus fokal, misalnya: penurunan daya tahan tubuh.
- c. Stimulus residual yaitu faktor latar yang sukar diukur tetapi memengaruhi respons contohnya seperti nilai, kepercayaan, pengalaman masa lalu (Ghanbari-afra et al., 2023)

2. Control Process

Proses adaptasi terjadi melalui mekanisme koping yang terdiri atas dua subsistem, yaitu

- a. Subsistem regulator

Subsistem regulator adalah respon otomatis tubuh melalui system saraf, endokrin, atau kimiawi yang menghasilkan perilaku fisiologis (Ghanbari-afra et al., 2023)

b. Subsistem kognator

Subsistem kognator adalah respon yang melibatkan otak, termasuk persepsi, pembelajaran, penilaian, pengambilan keputusan, hingga emosi. Proses ini memungkinkan individu mengolah informasi dan memberikan respon yang lebih kompleks (Wang et al., 2020)

3. Effectors

Efektor adalah bentuk nyata dari respon individu setelah melalui proses kontrol. Efektor terlihat dari empat perubahan/efek, yaitu:

a. Perubahan Fisiologis adalah perubahan yang berhubungan dengan proses fisik dan kimia yang terlibat dalam fungsi dan aktivitas organisme hidup.

b. Perubahan konsep diri adalah perubahan yang berhubungan dengan keyakinan perasaan akan diri sendiri yang meliputi persepsi, perilaku dan respon.

c. Perubahan Fungsi Peran diartikan sebagai seperangkat harapan mengenai bagaimana seseorang dengan posisi tertentu berperilaku terhadap orang lain dengan posisinya masing masing. Setiap orang memiliki peran primer, sekunder dan tersier.

d. Perubahan Interdependensi adalah perubahan yang berhubungan dengan orang-orang terdekat baik secara individu dan kelompok yang

melibatkan keinginan dan kemampuan untuk memberi dan menerima satu sama lain serta saling ketergantungan (Laili & Nursanti, 2024).

4. Output

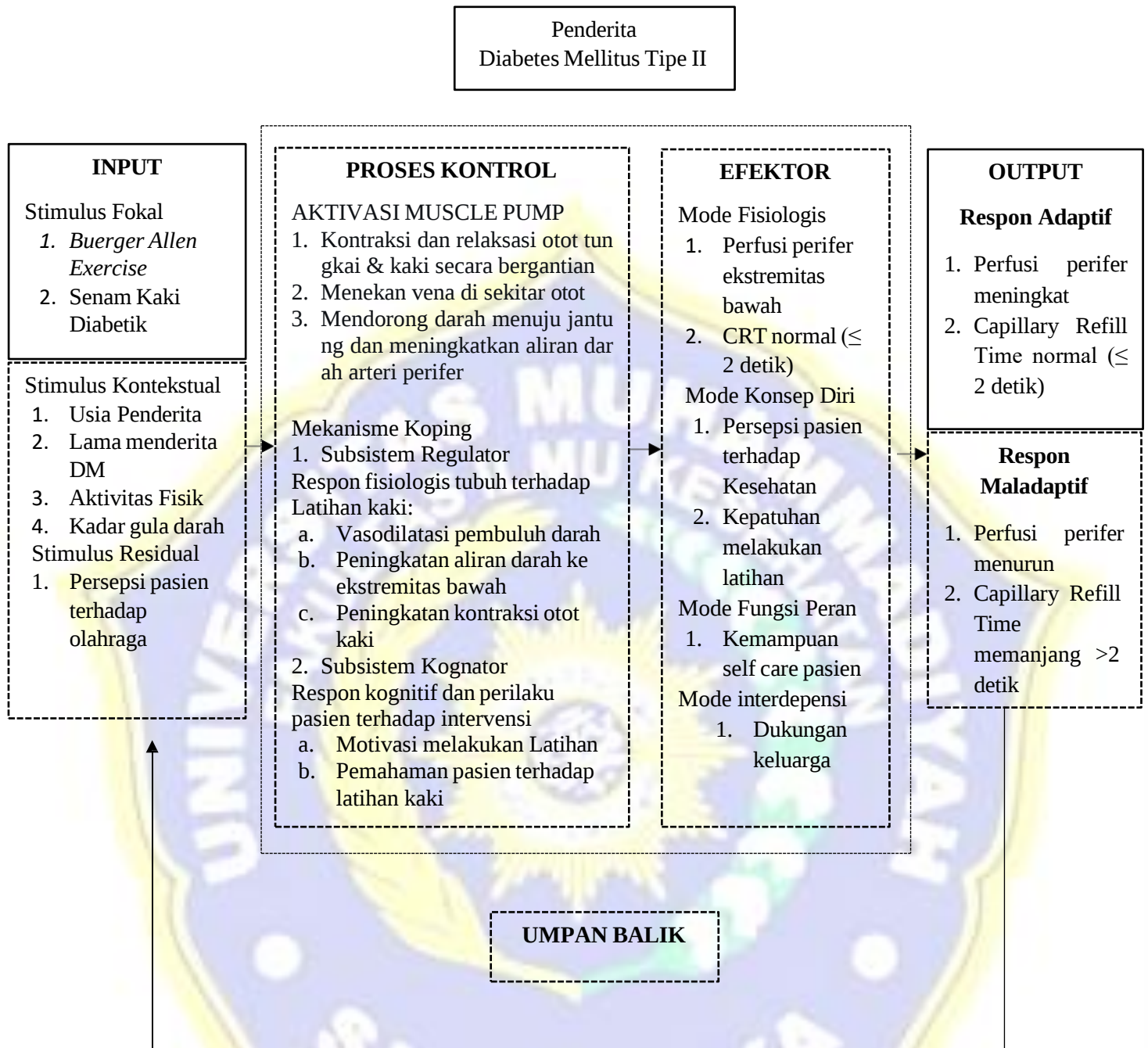
Output adalah hasil akhir dari sistem adaptasi seseorang setelah menerima rangsangan dan memprosesnya melalui mekanisme kontrol serta efektor.

Output bisa berupa perilaku nyata, respon yang terlihat dari individu. Roy membedakan output menjadi dua tipe utama:

- a. Respon Adaptif adalah respons yang meningkatkan integritas dalam mencapai tujuan hidup manusia.
- b. Respon Maladaptive/Inefektif adalah respons yang tidak meningkatkan integritas dalam mencapai tujuan manusia (Wang et al., 2020).



2.8 Kerangka Konseptual



Keterangan:

: Diteliti: : Tidak diteliti

—→ : Berhubungan

Gambar 2.6 Kerangka Konseptual Perbandingan Buerger Allen Exercise dan Senam Kaki Diabetik Terhadap Perfusi Perifer Ekstremitas Bawah pada Penderita DM tipe II

Penjelasan Kerangka Konseptual

Pada penelitian ini, penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 dipandang sebagai sistem adaptif yang menerima berbagai stimulus. Stimulus tersebut terdiri dari stimulus fokal, stimulus kontekstual, dan stimulus residual. Stimulus fokal merupakan stimulus utama yang secara langsung mempengaruhi individu, yaitu intervensi latihan kaki berupa *Buerger Allen Exercise* dan senam kaki diabetik yang diberikan kepada responden untuk meningkatkan sirkulasi darah pada ekstremitas bawah. Stimulus kontekstual merupakan faktor lain yang dapat mempengaruhi respon individu terhadap intervensi, meliputi usia penderita, lama menderita diabetes mellitus, aktivitas fisik, dan kepatuhan terapi. Selain itu terdapat stimulus residual berupa persepsi pasien terhadap aktivitas olahraga yang dapat mempengaruhi respon individu.

Stimulus tersebut kemudian diproses melalui mekanisme koping. Sebelum memasuki subsistem regulator dan subsistem kognator, intervensi latihan kaki terlebih dahulu mengaktifkan mekanisme *muscle pump* (pompa otot). Kontraksi dan relaksasi otot tungkai serta kaki secara bergantian akan menekan vena di sekitar otot, mendorong darah menuju jantung, sehingga meningkatkan *venous return* (aliran balik vena) dan pada akhirnya meningkatkan aliran darah arteri perifer. Setelah mekanisme *muscle pump* aktif, proses dilanjutkan ke dua subsistem koping:

1. Subsistem regulator berkaitan dengan respons fisiologis tubuh terhadap latihan, meliputi vasodilatasi pembuluh darah perifer, peningkatan aliran darah ke ekstremitas bawah, peningkatan kontraksi otot kaki, serta perbaikan mikrosirkulasi kapiler.

2. Subsistem kognator berkaitan dengan proses kognitif dan perilaku pasien, seperti motivasi melakukan latihan, pemahaman pasien terhadap latihan kaki, serta kepatuhan mengikuti prosedur.

Hasil proses menghasilkan respon adaptasi yang terlihat melalui empat mode adaptasi yaitu fisiologis, konsep diri, fungsi peran, dan interdependensi. Pada penelitian ini, mode fisiologis ditunjukkan melalui perubahan perfusi perifer ekstremitas bawah yang diukur menggunakan *Capillary Refill Time* (CRT). Mode konsep diri berkaitan dengan persepsi pasien terhadap kesehatannya, mode fungsi peran berkaitan dengan kemampuan melakukan perawatan diri, dan mode interdependensi berkaitan dengan dukungan keluarga.

Respon adaptasi dapat berupa respon adaptif maupun maladaptif. Respon adaptif ditunjukkan dengan meningkatnya perfusi perifer serta nilai *Capillary Refill Time* normal (≤ 2 detik), sedangkan respon maladaptif ditunjukkan dengan penurunan perfusi perifer dan nilai *Capillary Refill Time* yang memanjang (> 2 detik). Respon tersebut kemudian memberikan umpan balik terhadap sistem adaptif individu.

2.7 Hipotesis Penelitian

H0 : Tidak terdapat perbedaan nilai *Capillary Refill Time* sebelum dan sesudah intervensi *Buerger Allen Exercise* dan Senam Kaki Diabetik

H1 : Terdapat perbedaan nilai *Capillary Refill Time* sebelum dan sesudah intervensi *Buerger Allen Exercise* dan Senam Kaki Diabetik