

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan teori

2.1.1 Diabetes Melitus

2.1.1.1 Definisi

Diabetes Melitus (DM) merupakan kelompok penyakit metabolik kronis yang memiliki etiologi multifaktorial, ditandai dengan hiperglikemia kronis (American Diabetes Association [ADA], 2026; IDF, 2024). Hiperglikemia adalah kondisi di mana kadar glukosa darah mengalami peningkatan dan berada di atas batas normal (IDF, 2024). Hiperglikemia dapat ditegakkan melalui pemeriksaan glukosa darah puasa dengan batas hasil ≥ 200 mg/dL atau glukosa darah sewaktu dengan batas hasil ≥ 126 mg/dL (PB Perkeni, 2024).

2.1.1.2 Etiologi dan faktor risiko

Setiap tipe memiliki etiologi yang cenderung berbeda. Pada diabetes melitus tipe 1, proses autoimun atau idiopatik menyebabkan kerusakan sel β pankreas, sehingga terjadi defisiensi insulin absolut (Holt & Flyvbjerg, 2024; ADA, 2026). Sementara itu, diabetes tipe 2 ditandai oleh adanya gangguan resistensi insulin dan defisiensi insulin relatif, yang dipengaruhi oleh faktor genetik, obesitas, penuaan, dan gaya hidup tidak sehat seperti kurangnya aktivitas fisik dan pola makan tinggi lemak (Holt & Flyvbjerg, 2024; IDF, 2024).

Diabetes melitus gestasional umumnya terjadi pada trimester kedua atau ketiga kehamilan akibat dari resistensi insulin yang dipicu oleh hormon plasenta, yang berpotensi meningkatkan risiko komplikasi perinatal (WHO, 2023). Selain tipe-tipe tersebut, terdapat tipe lain yang disebabkan oleh defek genetik fungsi sel β , defek kerja insulin, penyakit eksokrin pankreas, gangguan endokrin, penggunaan obat-obatan tertentu, dan infeksi (Holt & Flyvbjerg, 2024). Secara umum, faktor risiko DM meliputi

riwayat keluarga, usia > 45 tahun, obesitas, hipertensi, kurang aktivitas fisik, pola makan tidak sehat (PB Perkeni, 2024).

2.1.1.3 Patofisiologi DMT2

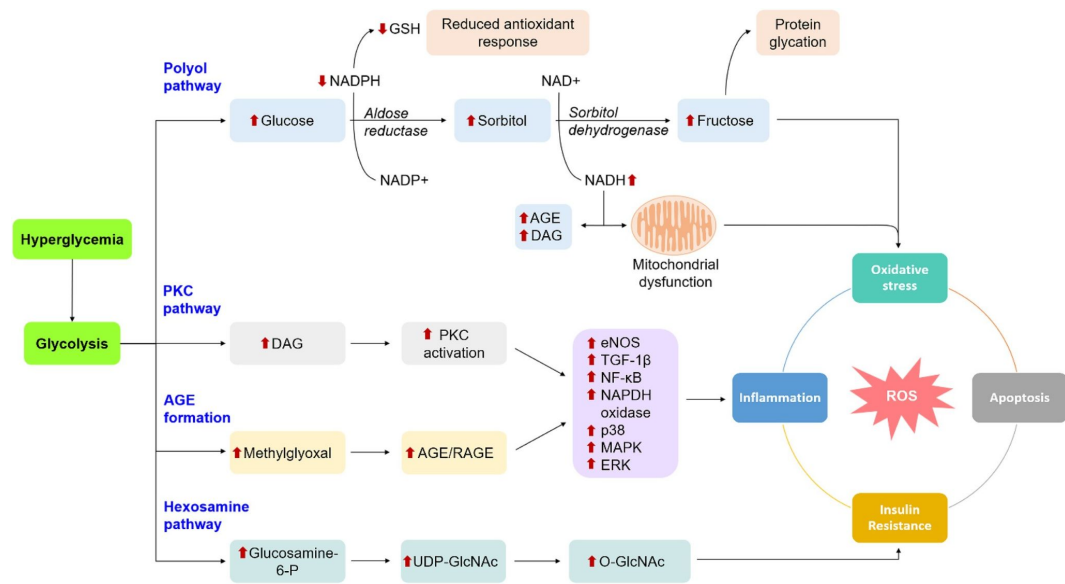
Patofisiologi DMT2 melibatkan berbagai gangguan mekanisme kompleks yang saling berkaitan akibat interaksi antara faktor genetik, gaya hidup, dan lingkungan yang memicu kondisi hiperglikemia kronis. Secara mendasar, penyakit ini bermula dari resistensi insulin, yaitu kondisi ketika jaringan perifer seperti otot rangka, hati, dan jaringan adiposa mengalami penurunan respons terhadap hormon insulin. Pada tingkat molekuler, resistensi ini seringkali dipicu oleh gangguan jalur pensinyalan insulin, seperti fosforilasi serin yang abnormal pada protein insulin receptor substrate-1 (IRS-1) akibat pengaruh peningkatan asam lemak bebas dan sitokin pro-inflamasi. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan pengambilan glukosa oleh otot rangka serta peningkatan produksi glukosa oleh hati melalui proses glukogenesis dan glikogenesis yang tidak terkendali.

Pada fase awal, sel β pankreas akan melakukan kompensasi dengan meningkatkan sekresi insulin guna mempertahankan homeostasis glukosa. Namun, seiring berjalannya progresivitas penyakit, sel β mengalami kegagalan fungsi dan tidak mampu lagi mengkompensasi kebutuhan insulin yang tinggi, sehingga terjadi defisiensi insulin relatif. Faktor genetik turut memegang peranan krusial dalam tahapan ini, di mana varian genetik tertentu, seperti TCF7L2, diketahui berdampak langsung pada penurunan kemampuan sekresi insulin oleh sel β . Kombinasi antara resistensi insulin dan kegagalan kompensasi sel β inilah yang pada akhirnya mendorong transisi dari kondisi pradiabetes menjadi DM Tipe 2.

Hiperglikemia kronis yang menetap kemudian memicu berbagai jalur metabolik abnormal yang memperburuk kerusakan seluler. Aktivasi jalur poliol, peningkatan pembentukan *advanced glycation end products* (AGEs), aktivasi *protein kinase C* (PKC), dan jalur heksosamin secara kolektif menyebabkan produksi *reactive oxygen species* (ROS) yang

berlebihan. Akumulasi ROS tersebut menimbulkan stress oksidatif yang merusak makromolekul seluler pada DNA, protein, dan lipid. Selain itu, gangguan pada homeostasis mitokondria dan stres retikulum endoplasma (ER) turut memperparah disfungsi sel β . Stres ER memicu *unfolded protein response* (UPR) yang jika berlangsung secara kronis akan mengaktifkan jalur peradangan seperti JNK dan memicu apoptosis sel β .

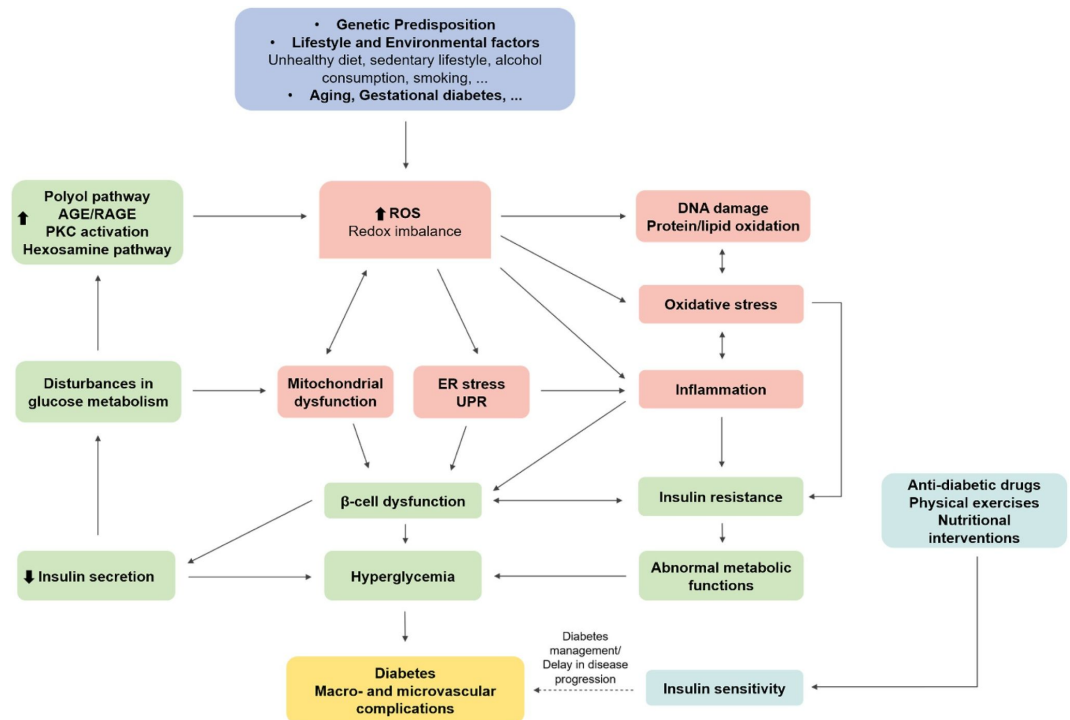
Secara sistemik, kondisi ini diperberat oleh peradangan kronis, terutama pada individu dengan obesitas Jaringan adiposa yang disfungsional melepaskan sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α dan IL-6 serta asam lemak bebas (lipotoksisitas) yang secara sistemik menghambat pensinyalan insulin. Interaksi sinergis antara stres oksidatif, disfungsi mitokondria, stres ER, dan inflamasi ini menciptakan sebuah siklus yang terus memperburuk kontrol glikemik (Ninayade *et al.*, 2025; Lima *et al.*, 2022). Seluruh mekanisme ini dapat dilihat pada bagan 2.1 dan 2.2.



Bagan 2.1

Jalur metabolisme produksi ROS

Sumber: Lima *et al.*, 2022



Bagan 2.2

Skema mekanisme patofisiologi DMT2

Sumber: Lima *et al.*, 2022

2.1.1.4 Komplikasi

Komplikasi DM secara garis besar diklasifikasikan menjadi dua kategori utama berdasarkan waktu kemunculannya, yaitu komplikasi akut dan komplikasi kronis. Komplikasi akut merupakan kondisi kegawatdaruratan medis yang muncul secara mendadak akibat ketidakseimbangan kadar glukosa darah yang ekstrem. Sementara itu, komplikasi kronis berkembang secara progresif dalam jangka waktu yang panjang akibat paparan hiperglikemia kronis yang merusak sistem vaskular dan persarafan di seluruh tubuh (PB Perkeni, 2024).

Klasifikasi komplikasi diabetes melitus, yaitu:

a. Komplikasi Akut

Komplikasi ini memerlukan penanganan medis segera karena dapat mengancam jiwa dalam waktu singkat:

1. Krisis Hiperglikemia

a) Ketoasidosis Diabetik (KAD)

Kondisi yang ditandai dengan kadar glukosa darah sangat tinggi (300-600 mg/dL), asidosis metabolik, dan ditemukannya keton dalam plasma.

b) Status hiperglikemia hiperosmolar (SHH)

Ditandai dengan kadar glukosa darah ekstrem (>600 mg/dL) dan hiperosmolaritas plasma tanpa tanda asidosis.

2. Hipoglikemia

Penurunan kadar glukosa darah di bawah 70 mg/dL yang memicu gejala autonom (seperti keringat dingin, lapar, dan gelisah) hingga gangguan neuroglukopenik seperti kejang atau koma (PB Perkeni, 2024).

b. Komplikasi kronis

Komplikasi kronis terjadi akibat kerusakan pembuluh darah secara sistemik yang terbagi menjadi:

1. Makroangiopati (Kerusakan pembuluh darah besar)

Memengaruhi pembuluh darah besar yang meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan serebrovaskular (Lima *et al.*, 2022), meliputi:

a) Penyakit jantung koroner

Gangguan suplai darah ke otot jantung

b) Stroke

Kerusakan jaringan otak akibat gangguan pembuluh darah, baik iskemik maupun hemoragik.

c) Penyakit arteri perifer (PAP)

PAP sering bermanifestasi sebagai nyeri kaki saat beraktivitas (klaudikasio intermiten) atau ulkus iskemik pada kaki yang sulit sembuh (ADA, 2026).

2. Mikroangiopati (Kerusakan pembuluh darah kecil)

Terjadi akibat kerusakan pada kapiler dan pembuluh darah kecil yang menyokong fungsi organ spesifik:

a) Retinopati diabetik

Gangguan pada pembuluh darah retina yang memicu penurunan visus. Menurut IDF (2024), setidaknya satu dari tiga penyandang DM beresiko mengalami gangguan penglihatan yang dapat berujung pada kebutaan.

b) Nefropati (Penyakit ginjal diabetik)

Penurunan fungsi filtrasi ginjal yang ditandai dengan adanya albumin dalam urin. Penyandang DM memiliki peningkatan risiko gagal ginjal hingga sepuluh kali lipat dibandingkan individu non-diabetes (IDF, 2024).

c) Neuropati diabetik

Kerusakan saraf yang seringkali menyebabkan hilangnya sensasi protektif pada anggota gerak bawah. Kondisi ini dapat memicu ulkus kaki diabetik yang progresif dan dalam kasus berat memerlukan tindakan amputasi (Holt & Flyvbjerg, 2024).

c. Komorbiditas dan penyakit terkait lainnya

Selain kerusakan vaskular murni, DM juga dikaitkan dengan berbagai kondisi kesehatan lain melalui jalur molekuler yang sama, seperti stres oksidatif:

1. Penyakit neurodegeneratif

Pasien DM memiliki risiko lebih tinggi terhadap demensia dan Alzheimer. Beberapa literatur menyebut kondisi ini sebagai “Diabetes Tipe 3” karena adanya resistensi insulin di jaringan otak (Lima *et al.*, 2022).

2. Gangguan metabolik dan organ

Termasuk hipertensi, penyakit hati berlemak (*Metabolic dysfunction-associated Steatotic Liver Disease/MASLD*), dan penyakit periodontal berat.

3. Kondisi lainnya

Penurunan fungsi kognitif, gangguan tidur (*Obstructive Sleep Apnea*), penurunan kesehatan tulang, serta peningkatan risiko kanker

pada organ tertentu seperti kolon, payudara, dan pankreas (PB Perkeni, 2024).

2.1.1.5 Pengelolaan dan penatalaksanaan

Pengelolaan DM memiliki target jangka pendek berupa peningkatan kualitas hidup dan penghilangan gejala klinis bagi pasien. Secara jangka panjang, fokus utama manajemen DM adalah mencapai kendali glikemik yang optimal guna menghambat progresivitas komplikasi serta menekan angka morbiditas dan mortalitas (PB Perkeni, 2024). Sejalan dengan pedoman ADA (2025) dan IDF (2024), pendekatan terapi kini lebih bersifat individualistik dengan mempertimbangkan usia, komoditas, serta preferensi pasien. Selain itu, aspek edukasi, modifikasi gaya hidup, dan pemantauan glukosa darah menjadi pondasi penting dalam perawatan (Holt & Flyvbjerg, 2024). Di Indonesia, strategi ini diwujudkan melalui lima pilar pengelolaan DM yang direkomendasikan oleh PB Perkeni (2024), yang meliputi edukasi, terapi nutrisi medis, intervensi farmakologis, pemantauan serta evaluasi rutin, dan aktivitas fisik. *Association of Diabetes Care & Education Specialist (ACDES)* telah merumuskan sebuah kerangka kerja terstandar yang dikenal dengan sebagai *ADCES7 Self-Care Behaviors*. Kerangka ini mencakup tujuh pilar perilaku utama yang bertujuan untuk membekali individu dengan keterampilan yang diperlukan dalam mengelola kondisi mereka secara mandiri, mengurangi resiko komplikasi jangka panjang, serta meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan. Adapun ketujuh komponen dalam strategi pengelolaan tersebut sebagai berikut (Kolb, 2021):

a. Koping yang sehat (*Healthy coping*)

1. Memiliki sikap positif terhadap pengelolaan diabetes dan menjaga hubungan baik dengan orang lain.
2. Menghindari cara koping yang tidak sehat seperti merokok, minum alkohol, atau makan berlebihan.
3. Menetapkan strategi sehat seperti meditasi, berolahraga, atau bergabung dengan kelompok dukungan (*support group*).

4. Mencari bantuan profesional jika merasa sangat kewalahan, sedih, atau kehilangan minat pada aktivitas sehari-hari.
- b. Pola makan sehat (*Healthy eating*)
1. Mengonsumsi makanan yang padat nutrisi dan berkualitas nutrisi
 2. Mengonsumsi variasi sayuran berwarna, buah-buahan, gandum utuh, protein tanpa lemak, dan minyak sehat.
 3. Membatasi asupan garam, gula tambahan, serta lemak jenuh dan lemak trans.
 4. Melakukan pelacakan (*tracking*) makanan untuk mengidentifikasi pola asupan dan membantu menurunkan asupan kalori secara keseluruhan.
 5. Mempelajari cara membaca label nutrisi untuk membandingkan makanan dan menentukan porsi yang tepat.
- c. Menjadi aktif (*Being active*)
1. Melakukan gerakan fisik harian, baik yang terstruktur seperti olahraga maupun yang tidak terstruktur seperti mengurangi waktu duduk.
 2. Mendapatkan izin medis atau konsultasi dengan penyedia layanan kesehatan jika sebelumnya tidak terbiasa beraktivitas berat.
 3. Memulai aktivitas dengan langkah kecil dan sesi yang singkat yang dilakukan berkali-kali dalam sehari.
 4. Aktivitas fisik bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan otot, kesehatan jantung, serta menjaga glukosa darah tetap di level sehat.
- d. Penggunaan obat (*Taking medication*)
1. Mengonsumsi obat sesuai dengan waktu, dosis, dan frekuensi yang ditentukan oleh dokter.
 2. Memahami manfaat obat, termasuk manfaat tambahan seperti mencegah masalah jantung.
 3. Mengomunikasikan efek samping, hambatan dalam membeli obat, atau jika obat memengaruhi kualitas hidup kepada tim kesehatan.
 4. Menjaga daftar obat yang diperbarui, termasuk suplemen dan vitamin yang dikonsumsi.

e. Pemantauan mandiri (*Monitoring*)

1. Memeriksa kadar glukosa, aktivitas, dan asupan makanan, serta data kesehatan lain seperti tekanan darah dan berat badan.
2. Menggunakan perangkat seperti pengukur glukosa darah (*glucometer*) atau *Continuous Glucose Monitor* (GCM) untuk mendapatkan data *real-time*.
3. Memantau angka A1C untuk melihat rata-rata kadar glukosa selama 3 bulan terakhir.
4. Mengidentifikasi pola (sebab-akibat) dari data yang terkumpul untuk melakukan penyesuaian pada pengobatan atau gaya hidup.

f. Mengurangi resiko (*Reducing risk*)

1. Melakukan pemeriksaan rutin secara berkala, termasuk tes fungsi ginjal, pemeriksaan mata, dan pemeriksaan kaki minimal satu tahun sekali.
2. Mendapatkan vaksinasi yang direkomendasikan, seperti vaksin flu, pneumonia, dan hepatitis B.
3. Melakukan skrining untuk masalah kesehatan lain seperti gangguan pendengaran atau *sleep apnea*.
4. Menjaga kebersihan mulut dengan menyikat gigi dan *flossing* setiap hari.

g. Pemecahan masalah (*Problem solving*)

1. Mengidentifikasi masalah yang muncul, seperti perubahan jadwal kerja, sakit flu atau saat sedang berpergian.
2. Mencari solusi berdasarkan pengalaman dan dukungan dari spesialis edukasi diabetes.
3. Mengambil tindakan dengan memilih solusi yang realistis dan mengevaluasi apakah solusi yang dipilih berhasil.

2.1.2 *Ankle brachial index*

2.1.2.1 Definisi dan interpretasi nilai ABI

Ankle Brachial Index (ABI) merupakan pemeriksaan non invasif utama yang sangat krusial dalam mendiagnosis PAP. Nilai ABI didapatkan dari rasio perbandingan antara tekanan darah sistolik di area pergelangan kaki

dengan tekanan darah sistolik di area lengan (Gornik *et al.*, 2024). Interpretasi hasil ABI menurut standar *Wound Ostomy Continence Nurse (WOCN) Society* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1
Interpretasi hasil ABI

Nilai ABI	Status Perfusi
>1,3	Tinggi atau pembuluh darah tidak terkompresi (<i>noncompressible</i>)
> 1,0	Normal
0,91 - 0,99	Ambang batas PAP
$\leq 0,9$	LEAD (PAP bawah)
$\leq 0,6 - 0,8$	Ambang batas iskemia
$\leq 0,5$	Iskemia berat
<0,4	Iskemia kritis (ancaman kehilangan anggota gerak)

Sumber : Conyers et al., 2025

2.1.2.2 Faktor yang memengaruhi ABI

Beberapa faktor dapat memengaruhi akurasi dan nilai ABI pada pasien, di antaranya (Conyers et al., 2025):

a. Kondisi medis

1. Kalsifikasi arteri

ABI dapat meningkat secara palsu (lebih dari 1,3) akibat pengerasan pembuluh darah medial di pergelangan kaki. Kondisi ini sering ditemukan pada pasien:

- Diabetes melitus.
- Penyakit ginjal kronis atau gagal ginjal.
- Rheumatoid arthritis*.
- Usia lanjut.

2. Edema berat dan obesitas

Penumpukan cairan (edema) yang banyak atau obesitas pada ekstremitas dapat menghambat transmisi suara doppler ataupun

besaran denyut saat palpasi, sehingga menyulitkan deteksi sinyal nadi.

3. Neuropati

Pasien dengan neuropati diabetik memiliki resiko lebih tinggi terkena penyakit arteri perifer, dan pembuluh darah mereka sering kali tidak dapat dikompresi, yang menyebabkan nilai ABI tidak akurat.

4. Penyakit vaskular lainnya

Adanya trombosis vena dalam (*Deep Vein Thrombosis/DVT*) akut merupakan kontraindikasi karena tekanan manset dapat melepaskan gumpalan darah.

b. Faktor gaya hidup dan stimulan

1. Penggunaan stimulan

Konsumsi tembakau, kafein, atau alkohol dalam waktu satu jam sebelum tes dapat meningkatkan tekanan darah dan memengaruhi hasil.

2. Aktivitas fisik

Aktivitas berat sesaat sebelum pemeriksaan dapat memengaruhi tekanan darah normal pasien.

c. Faktor teknis dan lingkungan saat prosedur

1. Lingkungan

Ruangan yang dingin dapat menyebabkan vasokonstriksi arteri, sehingga pemeriksaan harus dilakukan di lingkungan hangat (21-23°C).

2. Kenyamanan pasien

Hasil terbaik diperoleh jika pasien dalam keadaan rileks, nyaman, dan kandung kemih kosong. Pasien harus beristirahat telentang minimal 10 menit sebelum tes agar tekanan darah stabil.

3. Rasa nyeri

Nyeri hebat atau selulitis pada kaki dapat membuat pasien tidak mampu mentoleransi tekanan manset, sehingga tekanan sistolik tidak dapat diukur dengan benar.

4. Peralatan

Penggunaan manset dengan ukuran yang sesuai (lebar manset 40% dari lingkaran ekstremitas), jika ukuran tidak sesuai maka pengukuran tidak dapat akurat bahkan tidak dapat diukur.

2.1.2.3 Pertimbangan klinis pengukuran ABI

Hal-hal yang harus dipertimbangkan sebelum dan selama prosedur pengukuran ABI, di antaranya (Conyers et al., 2025):

a. Akurasi pada kondisi penyakit tertentu

ABI mungkin memberikan hasil tertinggi palsu ($>1,3$) pada pasien dengan diabetes, gagal ginjal, atau *rheumatoid arthritis* karena pengapuran arteri (kalsifikasi) yang membuat pembuluh darah menjadi kaku dan tidak dapat dikompresi. Dalam kondisi ini, disarankan melakukan pemeriksaan *Toe Brachial Index* (TBI).

b. Manajemen nyeri

Prosedur ABI boleh dilanjutkan jika pasien dapat mentoleransi tekanan manset. Nyeri hebat akibat klaudikasi intermiten, selulitis, atau luka yang sangat nyeri dapat membuat pengukuran tekanan di pergelangan kaki sulit atau tidak mungkin dilakukan.

c. Kontraindikasi utama

Pengukuran ABI tidak boleh dilakukan jika pasien diduga menderita DVT akut, karena tekanan dari manset dapat melepaskan bekuan darah.

d. Kondisi fisik pasien

1. Edema dan obesitas

Penumpukan cairan atau obesitas berat dapat menghalangi transmisi doppler, tenaga medis mungkin perlu menggunakan *probe* doppler 5MHz untuk mendeteksi sinyal.

2. Integritas kulit

Jika terdapat luka terbuka atau ulserasi di lokasi penempatan manset, area tersebut harus dilapisi pelindung seperti plastik pembungkus sebelum manset dipasang.

e. Faktor teknis dan lingkungan

1. Suhu

Prosedur harus dilakukan di ruangan yang hangat (21-23°C) untuk mencegah penyempitan pembuluh darah (vasokonstriksi).

2. Persiapan pasien

Pasien harus beristirahat telentang minimal 10 sebelum pengukuran agar tekanan darah stabil, Selain itu, pasien disarankan untuk tidak mengkonsumsi kafein, alkohol, atau tembakau setidaknya satu jam sebelum tes.

f. Kapasitas kognitif

Gangguan kognitif pada pasien dapat menghambat kemampuan mereka mengikuti instruksi selama prosedur. Jika hal ini terjadi, pasien mungkin perlu dirujuk ke spesialis vaskular.

g. Interpretasi hasil untuk terapi

Hasil ABI menjadi pertimbangan klinis penting sebelum memulai terapi kompresi. Misalnya, jika $ABI < 0,5$, penggunaan kompresi harus dihindari sama sekali.

2.1.2.4 Prosedur pengukuran ABI

Prosedur standar pengukuran ABI mengharuskan pasien beristirahat santai dalam posisi terlentang (supine) setidaknya selama 5 hingga 10 menit sebelum pengukuran. Pengukuran menggunakan manset tekanan darah yang dipasang pada kedua lengan dan kedua pergelangan kaki. Untuk mendeteksi pulsasi aliran darah secara objektif, secara umum menggunakan bantuan alat *continuous-wave Doppler ultrasound*. Alat ini memungkinkan pengukuran tekanan darah sistolik secara spesifik pada lengan (arteri brakialis) serta pada area pergelangan kaki (arteri dorsalis pedis dan arteri tibialis posterior) (Gornik *et al.*, 2024).

2.1.2.5 Rumus perhitungan

Perhitungan nilai ABI pada setiap tungkai menggunakan rumus baku yang didasarkan pada rasio tekanan darah. Nilai ini didapatkan dengan membagi tekanan darah sistolik tertinggi di pergelangan kaki (diambil dari angka tertinggi antara arteri dorsalis pedis atau tibialis posterior) dengan tekanan

darah sistolik tertinggi dari kedua lengan (arteri brakialis). Apabila hasil perhitungan menunjukkan angka $\leq 0,90$, kondisi tersebut diklasifikasikan sebagai diagnostik positif untuk gangguan perfusi perifer (Gornik *et al.*, 2024).

$$ABI = \frac{\text{Higher of either the dorsalis pedis or posterior tibial pressures}}{\text{Higher of the brachial pressures}}$$

Gambar 2.1

Rumus perhitungan ABI

Sumber: Conyers et al., 2025

2.1.3 *Buerger allen exercise*

2.1.3.1 Definisi

Buerger Allen Exercise (BAE) adalah intervensi modifikasi sirkulasi berupa rangkaian latihan postural aktif yang secara spesifik dirancang untuk meningkatkan aliran darah pada area ekstremitas bawah. Latihan ini memanfaatkan perubahan posisi yang terstruktur dan efek gravitasi untuk menstimulasi pengosongan dan pengisian kembali pembuluh darah secara bergantian (Hinkle & Cheever, 2022).

2.1.3.2 Mekanisme fisiologis

Mekanisme fisiologis BAE bergantung pada siklus elevasi dan dependensi (penggantungan) tungkai yang memicu fluktuasi tekanan hemodinamik. Pada fase elevasi, gravitasi memfasilitasi aliran darah balik vena (venous return) dan mengosongkan darah vena yang mengalami stagnasi. Selanjutnya, pada fase dependensi, gravitasi dikombinasikan dengan gerakan aktif telapak kaki memicu pemompaan otot (muscle pump) (Hinkle & Cheever, 2022). Proses ini menarik darah arteri yang kaya akan oksigen ke dalam kapiler distal yang sebelumnya kosong, memicu hiperemia reaktif lokal. Jika dilakukan secara rutin, fluktuasi tekanan hemodinamik ini akan merangsang angiogenesis (pembentukan pembuluh darah kapiler baru) dan meningkatkan sirkulasi kolateral pada pasien dengan PAP (Harding et al., 2023). Peningkatan vaskularisasi kolateral ini secara klinis dapat dievaluasi melalui peningkatan nilai ABI yang

merepresentasikan perbaikan tekanan perfusi di area pergelangan kaki (Hinkle & Cheever, 2022; Harding et al., 2023).

2.1.3.3 Prosedur Pelaksanaan

Pelaksanaan BAE terdiri dari tiga fase postural yang dilakukan secara berurutan dan berulang dalam satu siklus, diantaranya:

a. Fase elevasi (pengosongan)

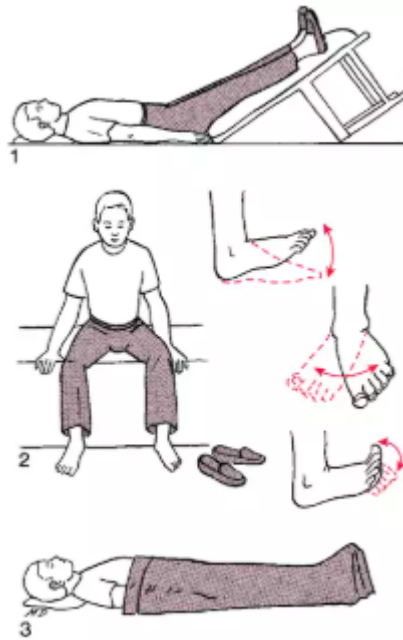
Pasien berbaring dalam posisi terlentang (*supine*). Kedua tungkai diangkat dengan sudut 45° hingga 90° (dapat disanggah menggunakan papan atau bantal guling) dan dipertahankan selama dua sampai tiga menit, atau sampai kulit di area telapak kaki dan jari-jari tampak pucat (*blanching*). Fase ini bertujuan mengalirkan darah vena menjauhi ekstremitas (Hinkle & Cheever, 2022; Janghu et al., 2025; Sari et al., 2024).

b. Fase dependensi (pengisian)

Pasien diinstruksikan untuk duduk di tepi tempat tidur dengan kedua tungkai menggantung bebas ke bawah. Posisi ini dipertahankan selama lima hingga sepuluh menit, atau hingga kulit tungkai bawah dan telapak kaki berubah warna menjadi merah muda atau merah terang (*hiperemia aktif*). Selama tungkai menggantung, pasien diminta untuk melakukan gerakan aktif pada pergelangan kaki perlahan, yaitu dorsofleksi (menarik telapak kaki ke atas), plantar fleksi (menekan telapak kaki ke bawah), serta gerakan rotasi (*inversi* dan *eversi*). Gerakan ini mengaktifkan pompa otot betis untuk memaksimalkan pengisian daerah arteri (Basmallah et al., 2022; Hinkle & Cheever, 2022; Janghu et al., 2025).

c. Fase istirahat (*resting*)

Pasien kembali berbaring telentang di tempat tidur dengan kedua tungkai diluruskan sejajar (*horizontal*) dan diselimuti agar tetap hangat. Posisi istirahat ini dilakukan selama sekitar sepuluh menit untuk menstabilkan sirkulasi sebelum memulai siklus berikutnya (Hinkle & Cheever, 2022; Janghu et al., 2025).



Gambar 2.2

Tiga Fase Postural BAE

Sumber: Vaghasiya, 2020

2.1.3.4 Indikasi dan kontraindikasi

a. Indikasi

Latihan BAE sangat direkomendasikan bagi pasien dengan kondisi berikut (Hinkle & Cheever, 2022):

1. Pasien dengan gangguan sirkulasi perifer derajat ringan hingga sedang (seperti PAP), yang ditandai dengan keluhan klaudikasio intermiten (nyeri saat berjalan yang hilang saat istirahat).
2. Pasien diabetes melitus dengan komplikasi neuropati perifer atau penurunan perfusi ekstremitas tahap awal, untuk mencegah risiko ulkus diabetikum.
3. Pasien yang mengalami penurunan mobilitas fisik yang membutuhkan stimulasi sirkulasi tungkai secara terstruktur.

b. Kontraindikasi

Latihan ini dikontraindikasikan pada pasien dengan temuan klinis berupa (Hinkle & Cheever, 2022):

1. Ulkus atau gangren terbuka yang disertai infeksi berat, karena pergerakan dan perubahan posisi berpotensi memperburuk kerusakan integritas jaringan (iskemia ekstrem).
2. Memiliki riwayat atau kecurigaan Trombosis Vena Dalam (Deep Vein Thrombosis / DVT), mengingat pergerakan aktif pompa otot dan elevasi tungkai dapat memicu terlepasnya emboli darah.
3. Penyakit jantung koroner akut atau gagal jantung berat, di mana fluktuasi aliran balik vena yang tiba-tiba dapat menyebabkan kelebihan beban volume (*volume overload*) pada jantung.

2.1.4 *Foot massage*

2.1.4.1 Konsep *foot massage*

foot massage merupakan salah satu bentuk intervensi keperawatan komplementer non farmakologis yang melibatkan manipulasi jaringan lunak secara mekanis pada area ekstremitas bawah. Secara konsep terapeutik, stimulasi taktil dan tekanan yang diberikan selama proses pemijatan memicu respon fisiologis yang signifikan terhadap sistem kardiovaskular dan hemodinamik lokal (Dossey & Keegan, 2022).

2.1.4.2 Mekanisme fisiologi

Mekanisme utama dari pijat kaki dalam memperbaiki sirkulasi perifer adalah melalui respon mekanis yang merangsang pelepasan vasodilator lokal, seperti nitric oxide (NO) dari sel endotel pembuluh darah. Vasodilatasi ini mengakibatkan pelebaran diameter pembuluh darah arteri dan kapiler, sehingga menurunkan resistensi vaskular perifer dan memperlancar aliran darah menuju area iskemik (Salvo, 2023). Selain itu, manipulasi jaringan yang tepat menurunkan aktivitas sistem saraf simpatik dan memicu respon parasimpatik, yang ditandai dengan penurunan tegangan otot, relaksasi, dan peningkatan sirkulasi darah balik vena atau *venous return* (Fritz, 2021).

2.1.4.3 Teknik *massage*

Pemberian intervensi *foot massage* umumnya mengadopsi teknik pijat dasar *Swedish massage* yang disesuaikan dengan toleransi hemodinamik pasien. Beberapa teknik utama yang diaplikasikan meliputi (Salvo, 2023):

a. Mengusap (*Effleurage*)

Teknik manipulasi dasar berupa usapan panjang, lembut, dan berirama yang dilakukan searah dengan aliran pembuluh darah vena (menuju jantung). *Effleurage* biasanya digunakan di awal dan akhir sesi terapi untuk mengaplikasikan media pelembab, merelaksasi otot secara superfisial, serta membantu melancarkan drainase limfatik dan memfasilitasi aliran darah balik vena (Fritz, 2021).

b. Meremas (*Petrissage*)

Teknik ini melibatkan gerakan mengangkat, meremas, dan menggulung jaringan otot. Pada kaki dan tungkai bawah, petrissage memberikan tekanan yang lebih dalam hingga ke jaringan subkutan dan otot seperti otot betis (*gastrocnemius*). Gerakan meremas ini bertindak layaknya pompa mekanis yang membantu mengosongkan pembuluh darah vena dan kapiler lokal, memungkinkan darah segar yang kaya oksigen (arteri) masuk kembali ke jaringan saat tekanan dilepaskan (Salvo, 2023).

c. Menggosok (*Friction*)

Friction adalah gerakan melingkar kecil dengan tekanan konstan yang biasanya dilakukan menggunakan ibu jari atau pangkal telapak tangan. Teknik ini difokuskan pada area yang lebih spesifik, seperti telapak kaki atau di sekitar persendian pergelangan kaki, untuk meningkatkan fleksibilitas fascia dan memicu hiperemia (peningkatan aliran darah lokal) akibat efek panas dari gesekan mekanis jaringan (Salvo, 2023).

d. Menepuk (*Tapotement*)

Beberapa tepukan ritmis yang cepat untuk menstimulasi saraf dan tonus otot meskipun efektif secara umum, dalam konteks gangguan sirkulasi perifer yang signifikan, teknik ini seringkali dihindari atau dibatasi untuk meminimalkan risiko trauma mikro pada dinding pembuluh darah yang rapuh atau jaringan yang berisiko iskemia (Fritz, 2021).

2.1.4.4 Indikasi dan kontraindikasi *foot massage*

a. Indikasi

Pijat kaki diindikasikan sebagai terapi tambahan (*adjunct therapy*) pada pasien dengan kondisi berikut:

1. Pasien dengan gangguan sirkulasi perifer yang ditandai dengan penurunan perfusi jaringan ekstremitas tanpa adanya luka terbuka (Fritz, 2021).
2. Pasien dengan neuropati diabetik perifer pada fase awal, yang bertujuan untuk menstimulasi fungsi reseptor saraf taktil dan memperbaiki mikrosirkulasi vaskular lokal (Salvo, 2023).
3. Adanya ketegangan otot, kekakuan, dan gangguan kenyamanan ekstremitas bawah yang bukan diakibatkan oleh penyumbatan vena akut.
4. Kondisi stres psikologis akibat penyakit kronis, di mana pijat dimanfaatkan untuk merangsang sistem saraf parasimpatis guna menghasilkan efek relaksasi yang sistemik (Dossey & Keegan, 2022).

b. Kontraindikasi

Kontraindikasi adalah kondisi atau situasi medis tertentu di mana pemberian pijat dapat memperburuk kondisi klien. Hal ini biasanya ditentukan selama proses konsultasi (*intake process*) atau ditemukan saat sesi pijat sedang berlangsung. Secara umum, kontraindikasi terbagi menjadi tiga (Salvo, 2023):

1. Kontraindikasi absolut

Kondisi yang membuat pijat sangat tidak disarankan karena beresiko tinggi. Kondisi tersebut meliputi:

- a) Adanya infeksi yang dapat ditularkan melalui kontak fisik (Penyakit menular).
- b) Infeksi sistemik atau inflamasi luas yang ditandai dengan gejala sistemik seperti demam dengan suhu tubuh mencapai 38°C (100,4°F) atau (*pyrexia*).

c) Kondisi kegawatdaruratan medis yang memerlukan penanganan segera.

2. Kontraindikasi lokal

Kontraindikasi lokal adalah kondisi yang membuat pemijatan pada area tertentu tidak disarankan, namun pemijatan masih dapat dilakukan pada area tubuh lainnya yang sehat dengan modifikasi tertentu. Kondisi lokal yang harus dihindari pada area kaki meliputi:

- a) Area yang baru saja mengalami cedera akut, seperti patah tulang (fraktur), keseleo hebat, atau luka terbuka.
- b) Area yang terpasang perangkat medis seperti *transdermal patch* (obat tempel), sensor pemantau medis, atau perangkat medis lainnya yang terpasang pada ekstremitas bawah.
- c) Adanya benjolan, lesi, tahi lalat yang mencurigakan, kutil, ruam lokal, atau pembengkakan kelenjar getah bening.

2.1.5 Pengaruh kombinasi BAE dan *foot massage* terhadap ABI

Mekanisme fisiologi kombinasi terapi BAE dan *foot massage* terhadap skor ABI berfokus pada perbaikan sirkulasi ekstremitas bawah melalui sinergi antara manipulasi gravitasi dan stimulasi vaskular. BAE bekerja dengan memanfaatkan perubahan posisi dan gaya gravitasi untuk membantu proses pengosongan serta pengisian kolom darah secara bergantian melalui latihan postural aktif dan kontraksi otot. Sementara itu, *foot massage* dengan teknik menekan dan mendorong membantu mengosongkan serta mengisi pembuluh vena dan limfa, sekaligus merangsang saraf motorik untuk meningkatkan tonus otot. Selain itu, pijatan memicu pelepasan zat histamin yang menyebabkan vasodilatasi lokal pada pembuluh darah kapiler, sehingga secara keseluruhan kombinasi ini melancarkan aliran darah, nutrisi, dan oksigen ke jaringan yang efektif memperbaiki nilai ABI pada pasien DMT2 (‘Aisy *et al.*, 2024).

2.1.6 Penelitian terdahulu

Tabel 2.2
Penelitian Terdahulu

Nama Penulis Tahun Terbit	Judul Penelitian	Metode dan Hasil Penelitian
Erni Tirenanna Sihombing, Taufik Daniel Hasibuan 2025	Pengaruh <i>Buerger Allen Exercise</i> Terhadap <i>Ankle Brachial Index</i> pada Pasien Diabetes Melitus Tipe II di Wilayah Kerja Puskesmas Bandar Khalipah Medan	Durasi intervensi Buerger Allen Exercise (BAE) tidak disebutkan secara spesifik dalam hal jumlah hari atau minggu pelaksanaan. Terdapat pengaruh signifikan <i>Buerger Allen Exercise</i> (BAE) terhadap nilai ABI pada pasien DM Tipe 2 dengan <i>p-value</i> 0,009 (<0,05)
Vani Dwi Putri, Yanti Cahyati, Yudi Triguna 2024	<i>The Effect of Buerger Allen Exercise and Walking Exercise on Ankle Brachial Index among patients with Type-2 Diabetes Mellitus with Pre-test and Post-test Design</i>	Durasi penelitian selama 7 hari. Intervensi: BAE (2x sehari) + Walking Exercise (3x seminggu, 30 menit) (n=21). Kontrol: Program Pengelolaan Penyakit Kronis (Prolanis) standar (n=21). Kombinasi BAE dan <i>Walking Exercise</i> secara signifikan meningkatkan sirkulasi perifer dan nilai ABI (<i>p-value</i> 0,001) dibandingkan kelompok kontrol
Eka Diana Permatasari, Arif Rakhman, et al 2025	<i>Impact of Buerger Allen Exercise on Ankle Brachial Index in Type II Diabetes Mellitus Patients</i>	Intervensi dilakukan hanya dalam satu sesi selama 20 menit. Intervensi: Buerger Allen Exercise (n=20). Kontrol: Aktivitas rutin sehari-hari (n=20). Terdapat dampak signifikan terhadap nilai ABI (<i>p-value</i> 0,003) kelompok intervensi meningkat ke kategori obstruksi ringan (0,79) dibanding kontrol (0,69)
Hendri Heriyanto, Septiyanti, Rina Delfina 2024	Efek kombinasi Terapi <i>Buerger Allen Exercise</i> dan Senam Kaki Diabetes terhadap <i>Ankle Brachial Index</i> Penderita Diabetes	Intervensi dilakukan selama 10 menit per tindakan, rutin selama 5 hari. Intervensi: Kombinasi BAE + senam kaki (n=19). Kontrol 1: Hanya terapi BAE (n=19). Kontrol 2: Hanya senam kaki diabetes (n=19). Terdapat

Nama Penulis Tahun Terbit			Judul Penelitian	Metode dan Hasil Penelitian
				perbedaan signifikan nilai ABI antara kelompok intervensi kombinasi dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya melakukan satu jenis latihan saja (<i>p-value 0,001</i>)
Fathiya Sugiyarto, Harnanto, Sunarto	Rahadatul Addi	'Aisy, Mardi	Kombinasi <i>Buerger Allen Exercise</i> dan <i>Foot Massage</i> dalam Memperbaiki Sirkulasi Kaki Pasien Diabetes Melitus	Terapi diberikan 3x seminggu selama 2 minggu (total 6 sesi) pada hari yang berurutan. Intervensi: BAE + Foot Massage (n=25). Kontrol: Senam Kaki DM saja (n=25). Terapi kombinasi efektif meningkatkan sirkulasi ekstremitas bawah dengan perbaikan nilai rata-rata skor ABI sebesar 0,11% (<i>p-value 0,001</i>)
Clara Subiyanto, Erjinyuare Amigo	Puryanti, Thomas	Paulus Aquino	<i>Integration of foot massage and diabetic foot gymnastic on peripheral perfusion in patients with diabetes mellitus 2</i>	Intervensi dilakukan selama 3 hari berturut-turut dengan durasi 15 menit per sesi. Intervensi: Foot massage + senam kaki diabetes (n=15). Kontrol: Tidak diberikan perlakuan (n=15). Integrasi pijat kaki dan senam kaki efektif meningkatkan sirkulasi darah, saturasi oksigen, dan sensitivitas kaki (<i>p-value < 0,05</i>)
Rizki Mega Mahyuvi	Safitri, Tata		<i>Effect of Massage, Foot Massage, and Warm Blanket Combination on Ankle Brachial Index in Ulcer Risk</i>	Intervensi berdurasi 30 menit per sesi, dilakukan 2x seminggu selama 3 minggu (total 6 pertemuan). Kelompok Tunggal: 30 responden wanita penderita DM. Kombinasi <i>massage, foot massage</i> , dan selimut hangat secara signifikan meningkatkan nilai ABI dari risiko sedang (0,57) menjadi risiko ringan (0,74) dengan <i>p-value 0,000</i>
Ekta Sunil Thakur	Janghu, Pawan Kumar, Dular, Nitika		<i>Enhancing Peripheral Circulation through Buerger Allen Exercise among Diabetic Patients</i>	Intervensi Buerger Allen Exercise (BAE) dilakukan selama 30 menit, sebanyak 3 kali seminggu selama 12 minggu. Peserta juga melakukan latihan secara mandiri 2-3 kali sehari. Kelompok Tunggal: 60 pasien DM Tipe 2. Terdapat peningkatan yang

Nama Penulis Tahun Terbit	Judul Penelitian	Metode dan Hasil Penelitian
		signifikan secara statistik pada sirkulasi perifer setelah intervensi dilakukan. Skor rata-rata sebelum tes (<i>pretest</i>) adalah 0,68 (SD=0,09), yang kemudian meningkat menjadi 0,74 (SD=0,08) pada saat setelah tes (<i>posttest</i>).
Hernianti & Irmawan Andri Nugroho 2024	<i>Sedentary Activities and Foot Circulation in Diabetes Mellitus Patients at the KRT Setjonegoro Wonosobo Hospital</i>	Kuantitatif dengan pendekatan cross-sectional. Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara aktivitas sedenter (kurang gerak) dengan penurunan sirkulasi kaki ($p = 0,001$; $r = 0,706$). Semakin tinggi aktivitas sedenter, semakin buruk sirkulasi kaki responden.

Sumber : ‘Aisy *et al.* (2024); Heriyanto *et al.* (2024); Hernianti & Nugroho (2024); Janghu *et al.* (2025); Permatasari *et al.* (2025); Puryanti *et al.* (2023); Putri *et al.* (2025); Safitri & Muhyuvi (2025); Safitri *et al.* (2022); Sihombing & Hasibuan (2025).

2.2 Kerangka teori

Model Adaptasi Roy yang dikembangkan oleh Sister Calista Roy (1976; diperbarui 2014) memandang individu sebagai sistem adaptif yang senantiasa berinteraksi dengan lingkungan internal dan eksternal. Dalam model ini, individu menerima berbagai stimulus yang kemudian diproses melalui mekanisme koping, yaitu subsistem regulator dan kognator, untuk menghasilkan respon adaptif atau maladaptif (Roy, 2014). Respons tersebut termanifestasi dalam empat model adaptasi, yaitu fisiologis, konsep diri, fungsi peran, dan interdependensi. Model ini sangat relevan dalam praktik keperawatan karena memberikan kerangka yang sistematis untuk memahami bagaimana intervensi keperawatan dapat memodifikasi respon pasien menuju kondisi adaptasi yang optimal.

Pada pasien DMT2, gangguan perfusi perifer merupakan salah satu komplikasi yang sering terjadi akibat perubahan mikrovaskular dan makrovaskular, yang dapat ditunjukkan melalui penurunan nilai ABI. Kondisi ini dapat dipandang sebagai stimulus fokal dalam model adaptasi roy yang memicu respon fisiologis maladaptif berupa penurunan aliran darah ke ekstremitas bawah. Selain itu faktor lain seperti lamanya penyakit, kontrol glikemik yang buruk, dan gaya hidup juga berperan sebagai stimulus kontekstual yang memperburuk kondisi perfusi jaringan. Menurut Roy (2014), individu akan berusaha beradaptasi terhadap stimulus tersebut melalui mekanisme koping untuk mempertahankan integritas fisiologinya.

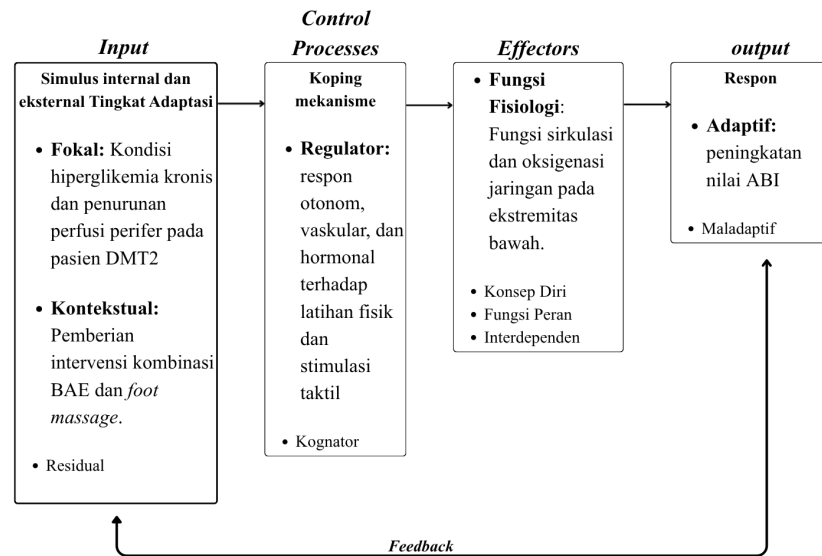
Intervensi BAE dan *foot massage* dalam penelitian ini dapat diposisikan sebagai stimulus terapeutik yang diberikan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi pasien. BAE merupakan latihan yang memanfaatkan perubahan posisi ekstremitas untuk meningkatkan sirkulasi darah melalui mekanisme gravitasi dan vasodilatasi, sedangkan *foot massage* bekerja melalui stimulus mekanik yang dapat meningkatkan aliran darah perifer, merangsang sistem saraf parasimpatis, serta memperbaiki perfusi jaringan. Kedua intervensi ini bekerja melalui subsistem regulator dalam model adaptasi roy, yaitu

mekanisme fisiologi otomatis yang melibatkan sistem saraf, hormonal, dan vaskular dalam merespon stimulus (Roy, 2014).

Melalui pemberian intervensi tersebut, diharapkan terjadi perubahan respon fisiologis yang lebih adaptif, yang ditandai dengan peningkatan nilai ABI sebagai indikator perubahan perfusi perifer. Dalam konteks model adaptasi roy, peningkatan ABI mencerminkan keberhasilan adaptasi pada mode fisiologis, khususnya dalam fungsi oksigenasi dan sirkulasi. Selain itu, perbaikan kondisi fisik juga berpotensi meningkatkan aspek psikologis pasien, seperti rasa nyaman dan kepercayaan diri, yang berkaitan dengan mode konsep diri. Dengan demikian, intervensi keperawatan tidak hanya berdampak pada aspek biologis, tetapi juga mendukung adaptasi secara holistik.

Lebih lanjut, model adaptasi roy memberikan kerangka konseptual yang jelas dalam menyusun hubungan antara variabel penelitian, yaitu intervensi (BAE dan *foot massage*) sebagai stimulus, mekanisme koping fisiologis sebagai proses, dan perubahan nilai ABI sebagai respon adaptif. Menurut Roy dan Andrews, model ini sangat efektif digunakan dalam penelitian keperawatan yang berfokus pada intervensi untuk meningkatkan fungsi fisiologis pasien dengan penyakit kronis.

Berdasarkan uraian tersebut, model adaptasi roy dinilai sangat tepat digunakan sebagai dasar teoritik dalam penelitian ini karena mampu menjelaskan secara komprehensif bagaimana intervensi keperawatan berupa BAE dan *foot massage* berperan sebagai stimulus yang memodifikasi mekanisme koping fisiologis sehingga menghasilkan respon adaptif berupa peningkatan perfusi perifer yang ditunjukkan oleh nilai ABI. Model ini juga memiliki pendekatan holistik dan sistematis yang sesuai dengan karakteristik pasien DMT2 sebagai kondisi kronis yang memerlukan adaptasi berkelanjutan, sehingga sangat relevan dalam penyusunan kerangka konsep penelitian.



Gambar 2.3

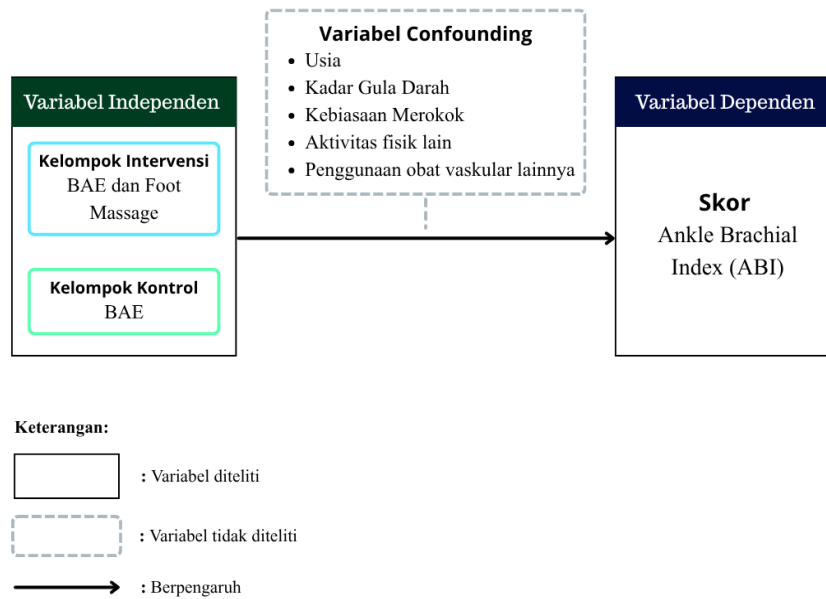
Kerangka teori Adaptasi Sister Callista Roy

Sumber: Alligood, 2014

Keterangan:

- **Stimulus Fokal:** Kondisi hiperglikemia kronis dan penurunan perfusi perifer pada pasien DMT2
- **Stimulus Kontekstual:** Pemberian intervensi kombinasi BAE dan *foot massage*.
- **Mekanisme Koping:** Sub-sistem regulator (respon otonom, vaskular, dan hormonal terhadap latihan fisik dan stimulasi taktil).
- **Effector (Mode Fisiologis):** Fungsi sirkulasi dan oksigenasi jaringan pada ekstremitas bawah.
- **Output:** Respon adaptif yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai ABI.

2.3 Kerangka konsep



Gambar 2.4
Kerangka konsep

2.4 Hipotesis penelitian

Ha: Terdapat perbedaan rerata efektivitas antara penerapan *Buerger Allen Exercise* yang dikombinasikan dengan *foot massage* terhadap skor *Ankle Brachial Index* (ABI) pada pasien diabetes melitus tipe 2 di Puskesmas Depok III.