BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Dasar Diabetes Melitus Tipe 2

1. Pengertian

Diabetes Melitus (DM) adalah suatu penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin atau kedua – duanya (Soelistijo *et al.*, 2015). DM tipe 2 terjadi dikarenakan adanya resistensi insulin pada otot, hati dan disfugsi sel beta pakreas yang menyebabkan defisiensi insulin (RACGP, 2016).

2. Tanda dan gejala DM tipe 2

Tanda dan gejala DM tipe 2 antara lain rasa haus yang berlebiham, mulut kering, buang air kecil dengan frekuensi sering, penyembuhan luka lambat, penglihatan kabur serta adanya rasa kesemutan atau mati rasa ditangan dan kaki (IDF, 2017).

3. Komplikasi DM tipe 2

Komplikasi DM tipe 2 dibagi menjadi komplikasi metabolik akut dan komplikasi vaskular jangka panjang. Komplikasi metabolik DM disebabkan oleh perubahan yang relatif akut dari konsentrasi glukosa plasma, komplikasi metabolik pada pasien DM tipe 2 yaitu hiperglikemia, hipoglikemia, hipersomolar, dan koma non ketonik. Komplikasi jangka panjang dari diabetes mikroangiopati, makroangiopati dan saraf – saraf perifer (neuropati diabetik), otot – otot serta kulit (Price and Wilson, 2005). Komplikasi mikroangiopati meliputi

renitopati diabetik, nefropati diabetik, dan neuropati diabetik. Komplikasi makroangiopati dapat mengakibatkan penyumbatan vaskular yang menyebabkan kelainan arteri-arteri perifer dan akan mengakibatkan klaudikasio intermiten dan ganggren pada ekstremitas dan stroke (Price and Wilson, 2005). Pasien DM tipe 2 lebih rentan mengalami kelainan arteri perifer/*Peripheral Artery Disease* (PAD) mengingat penyebab dari PAD dikarenakan kondisi hiperglikemia tak terkontrol sehingga menyebabkan resistensi insulin dan dapat memicu terjadinya aterosklerosis pada pembuluh darah perifer (Thiruvoipati *et al.*, 2015).

4. Penatalaksanaan DM tipe 2

Risiko terjadinya komplikasi pada DM tipe 2 dapat dicegah dengan penatalaksanaan DM yang meliputi edukasi, pemberian nutrisi (diet), farmakologi dengan obat anti hiperglikemia secara oral dan/atau suntikan, dan aktivitas fisik (Soelistijo *et al.*, 2015). Berdasarkan data yang ada proporsi aktivitas fisik masyarakat indonesia masih tergolong kurang aktif dengan presentase 26,1%. Terdapat 22 provinsi dengan penduduk yang aktivitas fisiknya tergolong kurang aktif berada diatas rata – rata (Kemenkes.RI, 2013).

B. Aktivitas Fisik Pada Pasien DM Tipe 2

1. Pengertian

Aktivitas fisik adalah gerakan tubuh yang dihasilkan otot-otot rangka yang memerlukan pengeluaran energi termasuk aktivitas yang dilakukan saat bekerja, bermain, melakukan pekerjaan rumah tangga, bepergian, dan terlibat dalam kegiatan rekreasi (WHO, 2017). Aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2

dapat meningkatkan kontrol glikemik dan mengurangi risiko terjadinya penyakit kardiovaskular dan kematian pada pasien DM tipe 2 (Hamasaki, 2016).

2. Gambaran aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2

Pasien DM tipe 2 secara fisik lemah untuk melakukan aktivitas fisik berat sehingga sulit untuk memenuhi rekomendasi aktivitas fisik yang telah dianjurkan (Hamasaki, 2016). Hasil penelitian mengenai aktivitas fisik didapatkan sebanyak 62,9% pasien DM tipe 2 memiliki tingkat aktivitas fisik sedang. Pada tingkat aktivitas fisik sedang ini sebanyak 50% pasien DM tipe 2 memiliki kadar glukosa puasa dalam kategori tinggi (Nurayati and Adriani, 2017). Penelitian terkait telah meneliti tingkat aktivitas fisik menggunakan kuisioner IPAQ terhadap 481 pasien DM tipe 2 dan membandingkannya dengan tingkat aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2 yang mengalami neuropati perifer. Didapatkan hasil bahwa pasien DM tipe 2 yang mengalami neuropati perifer secara signifikan memiliki aktivitas yang kurang aktif daripada pasien dengan DM tipe 2 saja dengan nilai p = 0,04 (Nolan *et al.*, 2016).

Penelitian terkait dilakukan oleh Loprinzi dan Abbott (2014) meneliti mengenai aktivitas fisik menggunakan akselerometer terhadap penyakit arteri perifer yang dinilai dengan menggunakan ABI. Hasil penelitian menunjukkan ada hubungan antara aktivitas fisik dengan penyakit arteri perifer yang diukur dengan pengecekan ABI. Pada pasien DM tipe 2 memiliki aktivitas fisik ringan dengan RR = 0,77, 95% CI: 0,62-0,96. Penelitian terkait aktivitas fisik yang dilakukan oleh Heikkil (2016) menunjukkan bahwa aktivitas fisik dapat meningkatkan nilai ABI secara signifikan di antara pria dan wanita yang sebelumnya tidak

terdiagnosa DM, penyakit kardiovaskular, dan ginjal dengan garis batas ABI 0,9 – 1,00. Perubahan rata-rata ABI adalah +0,04 (95% CI: 0,03 – 0,07).

3. Klasifikasi aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2

Pasien DM tipe 2 cenderung memiliki aktivitas fisik ringan hingga sedang. Hai ini dibuktikan dengan beberapa hasil penelitian terkait aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2. Penelitian yang dilakukan oleh Palermo dan Sandoval (2016) meneliti mengenai tingkat aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2 didapatkan bahwa pasien DM tipe 2 sebanyak 64,4% memiliki aktivitas fisik sedang. Hasil penelitian tersebut juga menyatakan sebanyak 68,1% pasien DM tipe 2 kelompok usia tua berumur 60 tahun memiliki aktivitas fisik yang ringan daripada kelompok yang lebih muda.

Berdasarkan tingkat intensitasnya, aktivitas fisik dibagi menjadi aktivitas fisik ringan, sedang, dan berat. Aktivitas fisik berat adalah kegiatan yang terus menerus dilakukan minimal selama 10 menit sampai denyut nadi dan napas meningkat lebih dari biasanya, contohnya adalah menimba air, mendaki gunung, lari cepat, menebang pohon, mencangkul, dan lainnya. Sedangkan aktivitas fisik sedang apabila melakukan kegiatan fisik sedang sepertin menyapu, mengepel, dan lainnya minimal lima hari atau lebih dengan durasi beraktivitas minimal 150 menit dalam satu minggu. Selain kritetia diatas maka termasuk aktivitas fisik ringan (WHO, 2015).

IPAQ adalah salah satu jenis istrumen yang dirancang terutama untuk mengumpulkan data dan mengukur aktivitas fisik di kalangan orang dewasa. IPAQ berisikan pertanyaan tentang jenis aktivitas, durasi dan frekuensi seseorang melakukan aktivitas fisik dalam jangka waktu 7 hari terakhir dan merupakan suatu

metode yang direkomendasikan untuk menilai suatu data yang berasal dari telepon/wawancara. IPAQ telah dikembangkan dan diuji untuk digunakan pada orang dewasa (rentang usia 16-69 tahun) dan sampai pengembangan dan pengujian lebih lanjut dilakukan penggunaan IPAQ dengan kelompok usia yang lebih tua dan lebih muda tidak dianjurkan (IPAQ, 2005).

IPAQ mengukur aktivitas fisik yang dilakukan di seluruh domain lengkap meliputi : aktivitas fisik di waktu luang, aktivitas domestik dan berkebun, aktivitas fisik terkait kerja, aktivitas fisik terkait transportasi. Dalam IPAQ menanyakan tiga tipe spesifik aktivitas yang dilakukan di empat domain tersebut. Tipe aktivitas spesifik yang dinilai adalah berjalan, aktivitas intensitas sedang, dan aktivitas intensitas berat. Dalam setiap domain dibagi menjadi tiga intensitas, antara lain :

a. Berjalan kaki baik dirumah ataupun tempat kerja atau aktivitas fisik intensitas ringan, ialah aktivitas yang membutuhkan tenaga fisik yang ringan dan tidak menyebabkan perubahan kecepatan pernapasan yang signifikan. Menurut Norton, Norton and Sadgrove (2010) aktivitas fisik ringan meliputi membaca, aktivitas berbaring atau tidur yang sedikit bergerak, termasuk duduk bekerja di kantor, aktivitas melakukan pekerjaan rumah.
b. Aktivitas fisik intensitas sedang, ialah aktivitas yang memerlukan tenaga fisik yang sedang dan membuat seseorang bernapas sedikit lebih cepat dari biasanya. Contohnya antara lain mengangkat beban ringan dan bersepeda dalam kecepatan reguler, beralan sejauh 3,5 – 4,0 mil/jam, berenang, berkebun, bersepeda dengan kecepatan sedang. Durasi kegiatan ini antara 30

– 60 menit 1-2 kali dalam 7 hari/minggu (Norton, Norton and Sadgrove, 2010).

c. Aktivitas fisik intensitas berat, ialah aktivitas yang memerlukan tenaga fisik yang berat dan membuat seseorang bernapas lebih cepat dari biasanya. Contohnya antara lain mengangkat beban berat, aerobik, bersepeda cepat, berjalan cepat, naik turun tangga, memanjat, kegiatan olahraga yang membuat nafas terengah – engah seperti *jogging*, sepak bola, voli, dan basket, kompetisi tenis (Norton *et al*, 2010).

Aktivitas fisik secara umum dikuantifikasikan dengan menentukan pengeluaran energi dalam kilokalori atau dengan menggunakan *Metabolic Energy Turnover* (MET) dari sebuah aktivitas. Satu MET merepresentasikan pengeluaran energi istirahat selama duduk tenang dan umumnya diinterpretasikan sebagai 3,5 mL O2/kg/menit atau 250 mL/menit konsumsi oksigen. MET dapat dikonversikan menjadi kilokalori, yaitu 1 MET – 1 kcal/kg/jam. Konsumsi oksigen meningkat seiring intensitas aktivitas fisik. Maka dari itu, kuantifikasi sederhana dari intensitas aktivitas fisik menggunakan cara mengalikan pengeluaran energi istirahat. Sebagai contoh, melakukan aktivitas yang membutuhkan konsumsi oksigen sebanyak 10,5 mL O2/kg/menit setara dengan 3 MET yaitu, 3 kali dari tingkat istirahat (Strath *et al.*, 2013).

Kuantifikasi MET-menit/minggu mengikuti rumus berikut :

a. MET-menit/minggu untuk berjalan = 3,3 x durasi berjalan dalam menit x durasi berjalan dalam hari
b. MET-menit/minggu untuk aktivitas sedang = 4,0 x durasi aktivitas sedang dalam menit x durasi aktivitas sedang dalam hari

c. MET-menit/minggu untuk aktivitas berat = 8,0 x durasi aktivitas berat dalam menit x durasi aktivitas berat dalam hari
d. MET-menit/minggu total aktivitas fisik = penjumlahan MET-menit/minggu dari aktivitas berjalan + aktivitas sedang + aktivitas berat.

Pengkategorian dari MET-menit/minggu total ialah sebagai berikut :

a. Kategori 1 (ringan), kriteria yang tidak termasuk dalam kategori 2 dan 3
b. Kategori 2 (sedang), yaitu apabila ada kriteria sebagai berikut :
   - Aktivitas sedang sekurang – kurangnya 3 hari selama 20 menit, ATAU
   - 5 hari atau lebih aktivitas sedang dan /atau jalan sekurang – kurangnya 30 menit, ATAU
   - 5 hari atau lebih kombinasi semua intensitas aktivitas fisik dengan sekurang – kurangnya 600 MET-menit/minggu
c. Kategori 3 (berat), yaitu apabila ada kriteria sebagai berikut :
   - Aktivitas berat sekurang – kurangnya 3 hari dengan 1500 MET-menit/minggu, ATAU
   - 7 hari atau lebih kombinasi dari smua intensitas aktivitas fisik dengan 3000 MET-menit/minggu

Kategori tersebut kemudian dikelompokkan menjadi 3 tingkatan menurut nilai *Metabolik Energi Turnover* (MET)/menit, untuk menilai intensitas aktivitas fisik yang dilakukan oleh seseorang. adapun pengelompokan tingkatan intensitas aktivitas fisik yaitu : intensitas ringan : < 600 MET, intensitas sedang : 600 - 1499 MET, dan intensitas berat : > 1500 MET (IPAQ, 2005).

4. Pengukuran aktivitas fisik

Pengukuran aktivitas fisik terhadap responden menggunakan alat ukur IPAQ. Data aktivitas fisik diperoleh dengan menggunakan kuisioner singkat IPAQ yang berisi tentang kegiatan responden selama menderita DM. Kuisioner ini menanyakan mengenai tiga jenis aktivitas fisik yang dilakukan dalam empat domain. IPAQ mengklasifikasikan aktivitas menjadi tiga tingkatan yaitu rendah (berjalan), sedang dan tinggi. Perhitungan skor total untuk bentuk pendek memerlukan penjumlahan dari durasi (dalam menit) dan frekuensi (hari) dengan kategori sebagai berikut :

a. Rendah

1) Tidak ada aktivitas fisik yang dilaporkan

2) Skor aktivitas fisik METs < 600 METs/menit/minggu

b. Sedang

1) Tiga hari atau lebih beraktivitas secara penuh setidaknya 20 menit per hari

2) Lima hari atau lebih aktivitas intensitas sedang atau berjalan setidaknya 30 menit per hari

3) Bila skor 600 – 1499 METs/menit/minggu

c. Berat

1) Aktivitas intensitas kuat setidaknya beruntun selama 3 hari

2) Bila skor > 1500 METs/menit/minggu (IPAQ, 2005).

5. Nilai MET dan formula untuk perhitungan MET-menit

Tabel 1

MET dan Formula untuk Perhitungan MET-menit

No.	Aktivitas	Nilai MET
1.	Aktivitas fisik yang berhubungan dengan pekerjaan a. Berjalan di tempat kerja (ringan) b. Aktivitas sedang di tempat kerja c. Aktivitas kuat di tempat kerja	 3,3 4,0 8,0
	Jumlah aktivitas di tempat kerja (MET-menit/minggu) = jumlah skor berjalan + aktivitas intensitas sedang di tempat kerja + aktivitas intensitas berat di tempat kerja.	
2.	Aktivitas fisik yang berhubungan dengan transportasi a. Berjalan untuk transportasi b. Bersepeda untuk transportasi	 3,3 6,0
	Jumlah aktivitas fisik untuk transportasi (MET-menit/minggu) = jumlah skor berjalan + bersepeda untuk transportasi	
3.	Kegiatan rumah tangga dan mengurus kebun a. Aktivitas yang sangat kuat (Catatan : nilai MET 5,5 menunjukkan bahwa mengurus kebun yang kuat harus dianggap sebagai aktivitas intensitas sedang untuk penilaian dan menghitung total aktivitas intensitas sedang) b. Aktivitas kuat mengurus kebun c. Aktivitas sedang melakukan pekerjaan rumah tangga	 5,5 4,0 3,0
	Jumlah pekerjaan rumah tangga dan mengurus kebun (MET-menit/minggu) = jumlh aktivitas kuar mengurus halaman + aktivitas sedang mengurus halaman + aktivitas sedang dalam pekerjaan rumah	

4.	Aktivitas fisik di waktu luang	
	a. Berjalan santai (ringan)	3,3
	b. Aktivitas sedang saat waktu luang	4,0
	c. Aktivitas kuat dalam waktu luang	8,0
	Jumlah waktu luang (MET-menit/minggu) = jumlah berjalan santai + aktivitas sedang waktu luang + aktivitas kuat dalam waktu luang	

Sumber : Diambil dari (IPAQ, 2005)

6. Rekomendasi aktivitas fisik pada pasien DM tipe 2

World Health Organization (WHO) (2016) telah merekomendasikan aktivitas fisik bagi pasien DM tipe 2 yaitu sebagai berikut.

a. Orang dewasa berusian 18-64 tahun sebaiknya melakukan setidaknya 150 menit aktivitas fisik dengan intensitas sedang sepanjang minggu, atau lakukan setidaknya 75 menit aktivitas fisik intensitas kuat sepanjang minggu, atau kombinasi antara intensitas sedang dan kuat. Untuk manfaat kesehatan tambahan, orang dewasa harus meningkatkan aktivitas fisik intensitas sedang hingga 300 menit per minggu dan aktivitas penguatan otot harus dilakukan dengan melibatkan kelompok otot utama selama 2 hari atau lebih dalam seminggu.

b. Dewasa berusia 65 tahun keatas sebaiknya lakukan setidaknya 150 menit aktivitas fisik dengan intensitas sedang sepanjang minggu, atau setidaknya 75 menit aktivitas fisik intensitas kuat sepanjang minggu, atau kombinasi antara intensitas sedang dan intensitas kuat. Untuk manfaat kesehatan tambahan, mereka harus meningkatkan aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga 300 menit per minggu. Mereka yang memiliki mobilitas buruk harus melakukan aktivitas fisik untuk meningkatkan keseimbangan dan mencegah

jatuh, 3 hari atau lebih per minggu. Aktivitas penguatan otot harus dilakukan dengan melibatkan kelompok otot utama selama 2 hari atau lebih dalam seminggu. Intensitas berbagai bentuk aktivitas fisik bervariasi antar manusia. Agar bermanfaat bagi kesehatan semua aktivitas harus dilakukan dalam durasi minimal 10 menit dalam sehari. (WHO,2016).

7. Aktivitas fisik lain yang direkomendasikan bagi pasien DM tipe 2

Jenis aktivitas fisik lainnya yang sebaiknya dilakukan pada pasien DM tipe 2 antara lain :

1. *Six Minutes Walking Test,* merupakan aktivitas fisik yang sederhana, aman, murah, dan mudah dilaksanakan (Amanda, 2019).
2. Senam Kaki diabetik, merupakan aktivitas fisik ringan yang telah terbukti dapat menurunkan serta mengontrol kadar gula darah pada pasien DM (Siddiqi and Sumarliyah, 2014).
3. *Therapeutic Exercise Walking*, adalah merupakan salah salah satu aktivitas fisik yang dapat meningkatkan sirkulasi darah karena latihan ini menyebabkan pembuluh darah banyak yang terbuka dan meningkatkan kapasitas oksidatif otot (Yollanda, Widayati and Rondhianto, 2016).

C. ABI Pada Pasien DM Tipe 2

1. Pengertian ABI

Ankle Brachial Index (ABI) adalah tes skrining non invasif untuk mengidentifikasi penyakit arteri perifer (PAP) dengan membandingkan tekanan darah sistolik di pergelangan kaki (*ankle*) dengan tekanan darah sistolik di lengan

(*brachialis*) (Soewondo, 2013). Pemantauan nilai ABI penting dilakukan untuk mendiagnosis gejala kaki yang spesifik pada kaki (McDermott and Criqui, 2018).

2. Interpretasi ABI

Pada keadaan normal, nilai ABI lebih besar dari satu (>1). Jika nilai ABI kurang dari satu telah ada indikasi penurunan aliran darah ke kaki. Nilai ABI kurang dari 0,4 menunjukkan adanya iskemik berat (Antono and Hamonangani, 2014). ABI merupakan indikator suplai darah ke kaki maka pengukuran ABI harus dilakukan secara rutin pada pasien DM (Soewondo, 2013). Interpretasi nilai ABI dapat dikelompokkan menjadi empat. Empat kelompok klasifikasi ABI disajikan pada tabel 1.

Tabel 2
Interpretasi Nilai ABI

Nilai ABI	Interpretasi	Rekomendasi
> 1,4	Pengerasan pembuluh darah	Rujuk ke spesialis pembuluh darah
1,0 – 1,4	Normal	Tidak Ada
0,9 – 1,0	Ditoleransi	
0,8 – 0,9	Penyakit arteri ringan	Obati factor risiko
0,5 – 0.8	Penyakit arteri sedang	Rujuk ke spesialis pembuluh darah
Kurang dari 0,5	Penyakit arteri berat	Rujuk ke spesialis pembuluh darah

Sumber : (Stanford Medicine, 2018)

3. ABI pada pasien DM tipe 2

Pasien DM tipe 2 memiliki risiko 1,102 kali untuk memiliki nilai ABI yang tidak normal dibandingkan dengan orang yang tidak menderita DM

(Mutmainah, Pintaningrum and Asmara, 2017). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ananda (2010) menyatakan nilai ABI pada pasien DM tipe 2 tak terkontrol lebih kecil dari nilai ABI pada DM tipe 2 yang terkontrol dengan nilai p = 0,032.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Jayawisesa (2018) didapatkan bahwa perempuan dengan DM memiliki nilai ABI yang tidak normal lebih tinggi dibandingkan laki – laki. Rerata nilai ABI pada pasien DM tak terkontrol lebih rendah daripada nilai ABI pada pasien DM terkontrol. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pasien DM tipe 2 rata-rata memiliki nilai ABI yang rendah di bandingkan dengan non DM. Nilai ABI yang rendah lebih banyak dimiliki oleh penderita DM tipe 2 yang tak terkontrol.

Rendahnya nilai ABI pada pasien DM tipe 2 menandakan adanya kelainan pada arteri perifer. Nilai ABI yang rendah ini berawal dari keadaan hiperglikemia menjadi hiperglikemia kronis pada sel endotel dan sel saraf yang menyebabkan kebanjiran glukosa dalam sel. Banyaknya glukosa yang masuk ke dalam sel disebut dengan hiperglisolia (Waspadji, 2009). Keadaan hiperglisolia kronik mengakibatkan perubahan homeostatis biokimiawi intra sel. Glukosa yang tertangkap mengalami beberapa jalur biokimiawi yaitu jalur reduktase aldosa, jalur stres oksidatif sitoplasmik, jalur pleiotropik protein kinase C, dan terbentuknya proses glikosiliasi intraselular (Waspadji, 2009).

Jalur poliol meningkat akibat dari diaktivasinya enzim aldose-reduktase. Enzim aldose-reduktase mengubah glukosa menjadi sorbitol. Sorbitol dimetabolisme oleh sorbitol dehidrogenase menjadi fruktosa. Sorbitol dan fruktosa bersifat hidrofilik sehingga mengakibatkan penetrasinya melalui membran sel yang bersifat lipid bilayer menjadi lambat, sehingga terjadi

akumulasi poliol intra sel. kondisi ini memicu proses osmotik sehingga sel menjadi bengkak dan rusak (Waspadji, 2009).

Jalur pleiotropik protein kinase C terjadi sebagai akibat peningkatan hasil gliserol setelah hiperglisolia intraselular. Peningkatan protein kinase C mengakibatkan proliferasi sel otot polos pembuluh darah dan penurunan aktivitas fibrinolisis. Segera setelah aktivasi protein kinase C akan terjadi penurunan fungsi fibrinolisis dan kemudian akan menyebabkan meningkatnya keadaan prokoagulasi yang menyebabkan kemungkinan penyumbatan pembuluh darah. Penyumbatan pada pembuluh darah akan mengakibatkan menurunkan aliran darah di pembuluh darah (Waspadji, 2009).

Kelainan pada pembuluh darah dapat diperparah dengan penurunan produksi *Nitrous Oksida* (NO) sebagai akibat resistensi insulin. Berkurangnya NO mengakibatkan kemampuan pembuluh darah dalam mencegah penempatan asam lemak dan trigliserida pada dinding endotelium menurun sehingga pembuluh darah menjadi kaku (Subekti, 2014).

Kelainan dan kekakuan pada pembuluh darah dapat terjadi pada berbagai organ termasuk pembuluh darah perifer tungkai bawah (Waspadji, 2009). Manifestasi gangguan pembuluh darah pada tungkai bawah adalah penurunan suplai darah ke kaki. Penurunan suplai darah ke kaki mengakibatkan tekanan darah sistolik pada kaki lebih rendah dibandingkan dengan daerah brachial. Normalnya tekanan sistolik disemua ekstremitas sama. Tekanan sistole pada pergelangan kaki sedikit lebih tinggi dibandingkan tangan. Jika terjadi stenosis yang signifikan, tekanan darah sistolik di kaki akan menurun (Antono, 2015).

4. Faktor – faktor yang mempengaruhi ABI pada pasien DM tipe 2

Menurut Sacks (2002) dalam Laurel (2005), menyebutkan bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai ABI yaitu kadar glukosa darah, terapi insulin, terapi diet aktivitas fisik, dan usia.

1) Kadar Glukosa Darah

   Glukosa darah yang tinggi mempercepat proses aterosklerosis pada pembuluh-pembuluh darah besar seperti aorta, arteri koroner, atau arteri yang memasok darah ke kaki dan otak yang menyebabkan sirkulasi darah ke kaki juga terhambat (Wolf, 2008).

2) Terapi insulin

   Gula darah dapat dikontrol dengan terapi insulin. Dengan terkontrolnya glukosa darah pada pasien DM sehingga terhindar dari hiperglikemia. Hiperglikemia yang terus-menerus mengakibatkan sirkulasi darah terutama pada kaki menurun (Rehm, 2006).

3) Terapi diet

   Dengan terapi diet yang sesuai dengan prinsip penatalaksanaan DM, maka kadar glukosa akan dapat terkontrol sehingga tidak akan menimbulkan hiperglikemia pada pasien. Hiperglikemia dapat merusak fungsi endotel pada pembuluh darah sehingga memperngaruhi sirkulasi darah. Tingginya kadar glukosa darah dipengaruhi oleh tingginya asupan energi dari makanan (Soegondo, 2007).

4) Aktivitas fisik

   Latihan jasmani dapat menurunkan kadar glukosa darah dan mengurangi risiko kardiovaskuler. Dengan peningkatan pengambilan glukosa oleh otot

dan memperbaiki pemakaian insulin akan menurunkan kadar glukosa. Selain itu sirkulasi darah dan tonus otot juga diperbaiki dengan berolah raga (Hoe *et al.*, 2012).

5) Usia

Kelompok usia menjadi faktor risiko diabetes adalah usia lebih atau sama dengan 40 tahun. Pravelensi *Peripheral Artery Disease* (PAD) meningkat dengan bertambahnya usia sekitar 20% pasien di atas usia 70 tahun menderita penyakit ini. Setelah 5 sampai 10 tahun menderita penyakit ini, sepertiga pasien akan mengeluh nyeri *intermittent claudication*, kurang dari 20% memerlukan tindakan pembedahan vaskuler dan kurang dari 10% memerlukan amputasi (Laurel, 2005).

5. Cara pengukuran ABI pada pasien DM tipe 2

Pemeriksan ABI pada pasien DM dilakukan dengan cara mengukur tekanan darah sistolik dari kedua arteri *brachialis* pada lengan dan kedua arteri *dorsalis pedis* pada kaki setelah pasien beristirahat saat pasien dalam keadaan terlentang selama 10 menit. Tekanan sistolik dievaluasi dengan instrumen Doppler 5 atau 10 Mhz. Pemeriksaan ABI disarankan memulai dari lengan kanan kemudian kaki kanan, kaki kiri kemudian lengan kiri (Stanford Medicine, 2018).

Pemeriksaan tekanan darah brachial dilakukan saat pasien dalam posisi terlentang. Tempatkan manset tekanan darah dilengan dengan posisi sejajar jantung. Tempatkan gel ultrasound di *fossa antecubital* diatas denyut nadi brachialis pasien. Letakkan transduser Doppler genggam pada gel, dan posisikan transduser untuk memaksimalkan intensitas sinyal. Manset akan mengembang

hingga sekitar 20 mmHg diatas tekanan darah pasien pada kondisi biasanya. Sinyal Doppler perlahan hilang, kemudian perlahan-lahan manset akan mengempis sekitar 1 mmHg/detik. Ketika sinyal Doppler kembali muncul, tekanan dari manset sama dengan tekanan sistolik brakialis kemudian dokumentasikan tekanan sistolik brakialis (Stanford Medicine, 2018).

Pemeriksaan tekanan darah ankle dilakukan di posisi kulit diatas dorsalis pedis kemudian segera pasang manset. Penempatan gel ultrasound diletakkan pada kulit diatas dorsalis pedis dan arteri posterior tibialis kaki. Sinyal Doppler dari dorsalis pedis dapat ditemukan pada lateral/garis tengah dorsum kaki, kemudian operasikan Doppler genggam dan gel ultrasound setalah itu lakukan pencarian sinyal pada dorsalis pedis dan perlahan pindahkan Doppler hingga sinyal kuat terdengar. Untuk mengukur tekanan sistolik di arteri dorsalis pedis, pasang maset hingga tidak terdengar sinyal. Kemudian perlahan-lahan kempiskan menggunakan teknik yang sama seperti dilengan hingga sinyal Doppler kembali muncul. Dokumentasikan hasilnya. Selanjutnya ukur tekanan sistolik arteri tibialis posterior. Sinyal tibialis posterior dideteksi pada posterior ke malleolus medial. Kemudian lakukan pencarian sinyal dan ikuti proses seperti sebelumnya. Ulangi kedua pengukuran pada kaki yang berlawanan (Stanford Medicine, 2018).

Nilai ABI dihitung pada setiap kaki. Nilai ABI ditentukan dengan mengambil hasil tekanan yang lebih tinggi dari kedua arteri dipergelangan kaki, kemudian dibagi dengan nilai tekanan darah sistolik brakialis tertinggi diantara kedua lengan (Stanford Medicine, 2018). Adapun rumus untuk mengukur nilai ABI sebagai berikut.

$$Right\ ABI = \frac{Highest\ Pressure\ in\ Both\ Foot}{Highest\ Pressure\ in\ Both\ Arms}$$

Rumus Nilai ABI menurut (Stanford Medicine, 2018)

D. Hubungan Tingkat Aktivitas Fisik dengan Nilai Ankle Brachial Index (ABI) Pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2

Pengelolaan DM meliputi empat pilar, aktivitas fisik merupakan salah satu dari keempat pilar tersebut. Aktivitas fisik mencangkup semua gerakan yang meningkatkan penggunaan energi yang memiliki manfaat untuk meningkatkan kebugaran fisik maupun memperbaiki kontrol glukosa darah, mengurangi faktor risiko kardiovaskular, berkontribusi pada penurunan berat badan, dan meningkatkan kesehatan. Aktivitas fisik juga memiliki manfaat yang spesifik dalam pencegahan komplikasi dan pengelolaan glukosa pada pasien DM tipe 2 (Sudoyo, 2014).

Aktivitas fisik dapat mengurangi risiko komplikasi, aktivitas fisik akan memberikan pengaruh yang baik pada lemak tubuh, tekanan darah arteri, sensitivitas baroreflek, vasodilatasi pembuluh yang endotelium-dependent, aliran darah pada kulit, hipertrigliseridemi dan fibrinolisis. Angka kesakitan dan kematian pasien DM yang aktif 50% lebih rendah dibanding mereka yang santai (Sudoyo, 2014).

Melakukan aktivitas fisik dapat menurunkan kadar glukosa darah pada pasien DM tipe 2. Dengan peningkatan pengambilan glukosa oleh otot dan memperbaiki pemakaian insulin akan dapat menurunkan kadar glukosa. Aktivitas fisik yang semakin jarang dilakukan bisa menyebabkan resistensi insulin pada pasien DM (Lemone *et al.*, 2015). Resistensi insulin dapat mengganggu ambilan

glukosa di jaringan perifer dan mengakibatkan produksi glukosa yang berlebihan oleh hati. Hal ini berpengaruh pada terjadinya hiperglikemia pada DM tipe 2 (Sudoyo, 2014).

Hiperglikemia kronis mengakibatkan kelompol sel seperti sel endotel pembuluh darah mengalami hiperglisolia yang mengakibatkan sel menjadi bengkak dan tebal (Sudoyo, 2014). Kelainan pembuluh darah diperparah disertai dengan penurunan produksi *Nitrit Oksida* (NO) sebagai akibat dari resistensi insulin sehingga pembuluh darah menjadi kaku (Sudoyo, 2014).

Kelainan dan kekakuan pembuluh darah dapat terjadi pada berbagai organ, termasuk pembuluh darah perifer tungkai bawah (Sudoyo, 2014). Manifestasi gangguan pembuluh darah pada tungkai bawah adalah penurunan suplai darah ke kaki. Penurunan suplai darah ke kaki mengakibatkan tekanan darah sistolik pada kaki lebih rendah dibandingkan dengan daerah brachial. Normalnya tekanan sistolik disemua ekstremitas sama. Tekanan sistole pada pergelangan kaki sedikit lebih tinggi dibandingkan tangan. Jika terjadi sternosis yang signifikan, tekanan darah sistolik di kaki akan menurun (Antono and Hamonangani, 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Loprinzi dan Abbott (2014) meneliti mengenai aktivitas fisik menggunakan akselerometer terhadap penyakit arteri perifer yang dinilai dengan mengukur ABI. Hasil menunjukkan ada hubungan antara aktivitas fisik dengan PAD yang diukur dengan pengecekan ABI. pada pasien DM memiliki aktivitas fisik ringan dengan RR = 0,77, 95% CI: 0.62 – 0.96. Hasil penelitian lain menunjukkan terdapat hubungan antara gejala klinis *Peripheral Arterial Disease* (PAD) terhadap Skor ABI pada pasien DM dengan nilai r -0,952 (Santosa and Listiono, 2017).

Penelitian terkait aktivitas fisik yang dilakukan oleh Heikkil (2016) menunjukkan bahwa aktivitas fisik dapat meningkatkan nilai ABI secara signifikan di antara pria dan wanita yang sebelumnya tidak terdiagnosa DM, penyakit kardiovaskular, dan ginjal dengan garis batas ABI 0,9-1,00. Perubahan rata – rata ABI adalah +0.04 (95% CI : 0.03 – 0.07).

Melakukan aktivitas fisik sangat dianjurkan bagi penderita DM tipe 2 untuk meminimalisir teradinya resistensi insulin yang dapat mengakibatkan hiperglikemia. Keadaan hiperglikemia akan menyebabkan teradinya inflamasi pada jaringan tubuh. Resistensi yang terjadi berulang – ulang dapat menyebabkan inflamasi semakin parah dan akan menimbulkan aterosklerosis yang nantinya akan dapat meningkatkan terjadinya penyakit arteri perifer pada pembuluh darah (Waspadji, 2009). PAD dapat menyebabkan timbulnya ganggren kaki pada pasien DM dan merupakan penyebab utama amputasi kaki (Belinda, 2009).