

**LITERATURE REVIEW:  
PENGARUH OLAHRAGA AEROBIK TERHADAP  
FUNGSI ENDOTEL PENDERITA HIPERTENSI**

**Nurfitriah Rahmasari<sup>1</sup>, Asnawati<sup>2</sup>, Fauzan Muttaqien<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat  
Banjarmasin

<sup>2</sup>Departemen Biomedik Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>3</sup>Departemen Jantung dan Pembuluh Darah, Fakultas Kedokteran,  
Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin

Email korespondensi: [rahma8102@gmail.com](mailto:rahma8102@gmail.com)

**Abstract:** *Aerobic exercise is recommended for non-pharmacological therapy for hypertension sufferers. Doing aerobic exercise regularly can improve endothelial function because when exercising will cause an increase in nitric oxide (NO). Writing this literature review aims to summarize the effect of aerobic exercise on endothelial function in hypertensive patients. The method is analyzing related literature obtained from the search results of medical journal databases, namely PubMed, and Google Scholar. Articles included in English and published in 2010-2020. A total of 15 articles were included in this literature review. Hypertensive patients who routinely do aerobic exercise have better endothelial function than those who don't because of enhancement NO after aerobic exercise intervention. Further research is needed to determine the ideal aerobic exercise dosage for reducing cardiometabolic risk.*

**Keywords:** *hypertension, aerobic exercise, endothelial function*

**Abstrak:** **Olahraga aerobik menjadi rekomendasi terapi nonfarmakologi pada penderita hipertensi.** Olahraga aerobik yang dilakukan secara rutin dapat meningkatkan fungsi endotel karena saat berolahraga akan menyebabkan peningkatan *nitric oxide* (NO). Penulisan ini bertujuan untuk merangkum pengaruh olahraga aerobik terhadap fungsi endotel pada penderita hipertensi. Penulisan dilakukan dengan menganalisis literatur terkait yang didapatkan dari hasil pencarian *database* jurnal kedokteran, yaitu PubMed, dan *Google Scholar*. Artikel yang disertakan menggunakan bahasa Inggris dan dipublikasikan pada tahun 2010-2020. Sebanyak 15 artikel disertakan pada *literature review* ini. Penderita hipertensi yang rutin melakukan olahraga aerobik memiliki fungsi endotel yang lebih baik dibandingkan dengan yang tidak olahraga aerobik. Hal ini dilihat dari adanya peningkatan NO setelah diberikan intervensi olahraga aerobik. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui dosis olahraga aerobik ideal untuk mengurangi risiko kardiometabolik.

**Kata-kata kunci:** hipertensi, olahraga aerobik, fungsi endotel.

## PENDAHULUAN

Hipertensi merupakan salah satu penyakit paling umum yang diderita di seluruh dunia dan menjadi masalah penting di banyak negara berkembang.<sup>1</sup> Data WHO pada tahun 2015 menunjukkan bahwa sekitar 1,13 miliar orang di seluruh dunia menderita hipertensi dan sebagian besar penderita tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah.<sup>2</sup> Jumlah penderita hipertensi terus meningkat setiap tahunnya, diperkirakan pada tahun 2025 akan ada 1,5 miliar orang yang terkena hipertensi, dan diperkirakan setiap tahunnya 10,44 juta orang meninggal akibat hipertensi dan komplikasinya.<sup>3</sup> Data Riskesdas tahun 2018 menunjukkan peningkatan prevalensi hipertensi di Indonesia meningkat dari 25,8% pada tahun 2013 menjadi 34,1% pada tahun 2018.<sup>4</sup>

Hipertensi menyebabkan kenaikan tahanan perifer vaskular atau komplikasi vaskular. Kenaikan tekanan darah ini sering disertai dengan menurunnya kadar EDRF yang disebut juga dengan *nitric oxide* (NO). Penurunan tingkat NO ini menyebabkan menurunnya fungsi endotel.<sup>5</sup>

Endotelium adalah sel lapisan tunggal yang melapisi bagian dalam pembuluh darah, termasuk arteri, vena, dan ruang jantung. Endotelium berfungsi sebagai lapisan pelindung antara darah yang bersirkulasi dan jaringan lain. Endotelium sangat penting untuk mengontrol homeostasis vaskular, dan terlibat dalam regulasi pensinyalan intraseluler, tonus vaskular dan permeabilitas, 3 kaskade koagulasi dan angiogenesis.<sup>6</sup>

Olahraga direkomendasikan dalam semua pedoman klinis utama pada *Cardiovascular Disease* (CVD) sebagai terapi nonfarmakologis pada faktor risiko CVD. Olahraga yang dapat dilakukan salah satunya adalah olahraga aerobik. Pada hipertensi, pengobatan nonfarmakologis sangat penting untuk mengurangi morbiditas

dan mortalitas pada penyakit kardiovaskular.<sup>7</sup> Olahraga juga berhubungan dengan peningkatan *nitric oxide* (NO) sehingga dapat memperbaiki fungsi endotel.<sup>8,9</sup>

## METODE

Metode penulisan yang dilakukan adalah metode *literature review* berupa *narrative review*.

Pencarian dilakukan di database elektronik: PubMed dan *Google Scholar*. Penelitian ini menggunakan *full article* berbahasa Inggris yang diterbitkan sejak 2010-2020. Kata kunci yang digunakan penulis dalam penelitian ini terdiri dari "*hypertension, aerobic exercise, endothelial function*" dengan menggunakan strategi pencarian menggunakan, frase "... " dan operator logika *Boolean* yaitu AND dan OR untuk mendapatkan informasi yang akurat. Dari jumlah tersebut hanya sekitar 15 artikel yang dianggap relevan.

Prosedur pembuatan *literature review* ini adalah melakukan penelusuran artikel pada database yaitu *Google Scholar* dan PubMed. Secara keseluruhan, artikel yang ditemukan sebanyak 9.470.000 artikel dari *Google Scholar* dan PubMed sebanyak 71 artikel. Setelah dilakukan penapisan berdasarkan judul dan abstrak, diperoleh hasil sebanyak 35 artikel. Kemudian dilakukan pengecekan duplikasi terdapat 20 artikel sehingga artikel yang digunakan dalam *literature review* ini sebanyak 15 artikel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil beberapa literatur terkait pengaruh olahraga aerobik terhadap fungsi endotel penderita hipertensi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel. 1. Literatur terkait pengaruh olahraga aerobik terhadap fungsi endotel penderita hipertensi

Penulis	Hasil
Swift dkk (2012). <sup>10</sup>	Peningkatan FMD pada ketiga kelompok intervensi, sehingga latihan olahraga aerobik dapat meningkatkan fungsi endotel pada pasien hipertensi.
Gibbs dkk (2012). <sup>11</sup>	Setelah dilakukan intervensi olahraga tidak terdapat perubahan pada FMD.
Gerage dkk (2020). <sup>12</sup>	Peningkatan hasil PO-RH menunjukkan penurunan status inflmasi endotel dan peningkatan NO. Kelompok VAMOS (PO-RH <i>pre-test</i> : 5,7 ± 2,5, PO-RH <i>post-test</i> : 6,5 ± 2,1). Kelompok kontrol (PO-RH <i>pre-test</i> : 6,8 ± 2,3, PO-RH <i>post-test</i> : 5,7 ± 2,4).
Suboc dkk (2015). <sup>13</sup>	Tidak secara signifikan berpengaruh pada peningkatan fungsi endotel pada orang dewasa. Fungsi endotel dilihat dari FMD. Kelompok >5% aktivitas ( <i>Pre-test</i> : 3,86 ± 0,74, <i>Post-test</i> : 3,80 ± 0,81), kelompok 0-4,99% aktivitas ( <i>Pre-test</i> : 3,91 ± 0,72, <i>Post-test</i> : 3,92 ± 0,74), dan kelompok kontrol ( <i>Pre-test</i> : 3,66 ± 0,75, <i>Post-test</i> : 3,68 ± 0,76).
Lambert dkk (2013). <sup>14</sup>	Pada kelompok ATM didapatkan hasil peningkatan sintase NO dengan terdapat peningkatan pada eNOS (+31%, P 0,05) tetapi tidak pada kelompok LTM.
Ilic dkk (2017). <sup>15</sup>	Peningkatan fungsi endotel diliat dari NOx. ]Kelompok HT Mets dari 39,09 ± 14,34 menjadi 44,13 ± 13,57 mmol/l (P = 0,025). Kelompok HT No Mets dari 47,11 ± 15,32 menjadi 51,81 ± 16,48 mmol/l (P = 0,018).
Pedralli dkk	Pada ketiga kelompok yang menjalani intervensi olahraga
Penulis (2020). <sup>16</sup>	terdapat peningkatan pada FMD. Kelompok aerobik +3,2% (95%CI 1,7, 4,6) ( <i>p</i> <0,001), kelompok resistensi +4,0% (95%CI 2,1, 5,7) ( <i>p</i> < 0,001) dan kelompok kombinasi +6,8% (95%CI 2,6, 11,1) ( <i>p</i> =0,006).
Taha dkk (2016). <sup>17</sup>	Setelah melakukan olahraga terdapat peningkatan NO 43,4% pada kelompok intervensi. Sedangkan pada kelompok kontrol tidak terdapat perubahan bermakna.
Tsukiyama dkk (2017). <sup>18</sup>	Setelah melakukan olahraga NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> meningkat (141,9 ± 45,5 menjadi 160,4 ± 53,4).
Muangritd ech dkk (2020). <sup>19</sup>	Pada kelompok IHR dan IHT didapatkan hasil peningkatan NOx (IHR; 8,5 ± 7,6 µmol/L, <i>p</i> = 0,031 dan IHT; 20,0 ± 9,1 µmol/L, <i>p</i> < 0,001).
Turky dkk (2013). <sup>20</sup>	Hasil NO <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> pada kelompok intervensi (24,3 ± 0,9 menjadi 31,7 ± 0,7) dan kelompok kontrol (23,7 ± 0,4 menjadi 26,4 ± 0,3).
Hansen dkk (2011). <sup>21</sup>	Hasil FMD kelompok AIT (6,49 ± 3,71 menjadi 10,66 ± 5,00 dengan <i>p</i> <0,001), kelompok MIT (6,50 ± 5,01 menjadi 7,11 ± 5,10 dengan <i>p</i> 0,70) dan kelompok kontrol (8,01 ± 4,62 menjadi 8,91 ± 5,20 dengan <i>p</i> 0,39).
Jo dkk (2018). <sup>22</sup>	Hasil FMD <i>pre-test post-test</i> kelompok HIIT (6,5 ± 4,2 menjadi 12,6 ± 6,0) dan kelompok MICT (8,35 ± 5,44 menjadi 11,25 ± 6,94).
Kwon dkk (2011). <sup>23</sup>	Kelompok aerobik mengalami peningkatan FMD 2,2 ± 1,9% dibandingkan kelompok resistensi dengan peningkatan 0,7 ± 3,6%. Sedangkan kelompok kontrol mengalami penurunan 0,7 ± 2,8%.
Ades dkk (2011). <sup>24</sup>	Kelompok <i>high calorie exercise</i> mengalami peningkatan FMD yang lebih

Penulis	Hasil
	tinggi dibandingkan <i>lower calorie exercise</i> yaitu (3,6% menjadi 4,1%, 1,3% menjadi 2,1%, $P < 0,05$ ).

Swift dkk, Pedralli dkk, Hansen dkk, Kwon dkk, dan Ades dkk melakukan penelitian pengaruh olahraga aerobik terhadap fungsi endotel dengan melakukan pemeriksaan FMD. Pemeriksaan FMD adalah pemeriksaan fungsi endotel perifer dengan mengukur pelebaran diameter pembuluh darah arteri brakialis setelah stimulasi hiperemia reaktif melalui inflasi manset tekanan darah yang memicu pelepasan NO dan vasodilatasi pembuluh darah pada lengan yang diperiksa. Pemeriksaan FMD dapat digunakan sebagai gambaran terhadap peningkatan pada fungsi endotel.<sup>10,16,21,23,24,25</sup>

Hasil penelitian Swift dkk menjelaskan bahwa olahraga aerobik dapat meningkatkan fungsi endotel. Sebanyak 155 partisipan dibagi menjadi 4 kelompok yaitu kelompok 4 kcal/kg/minggu 68 orang, kelompok 8 kcal/kg/minggu 32 orang, kelompok 12 kcal/kg/minggu 32 orang, dan kelompok kontrol 23 orang. Kelompok 4, 8, dan 12 kcal/kg/minggu melakukan olahraga aerobik selama 6 bulan, sedangkan kelompok kontrol tidak melakukan olahraga aerobik. Hasil dari penelitian setelah melakukan olahraga aerobik selama 6 bulan terdapat peningkatan FMD pada ketiga kelompok intervensi. Terdapat peningkatan yang signifikan pada kelompok 4 kcal/kg/minggu (1,0%, 95% CI: 0,29 menjadi 1,76), kelompok 8 kcal/kg/minggu (1,5%, 95% CI: 0,48 menjadi 2,62), dan kelompok 12 kcal/kg/minggu (1,2%, 95% CI: 0,10 menjadi 2,24) dibandingkan dengan kelompok kontrol yang mengalami penurunan FMD (-0,5%, 95% CI: -1,79 menjadi 0,74) yang tidak mendapatkan intervensi.<sup>10</sup>

Selain melakukan penelitian membandingkan salah satu jenis olahraga mana yang lebih efektif dalam meningkatkan fungsi endotel, penelitian Pedralli dkk melakukan penelitian dengan melakukan kombinasi dua olahraga. Pada penelitian partisipan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok aerobik, kelompok resistensi dan kelompok kombinasi (aerobik dan resistensi). Pada ketiga kelompok yang menjalani intervensi olahraga terdapat peningkatan pada FMD. Peningkatan FMD setelah melakukan olahraga pada kelompok aerobik +3,2% (95% CI 1,7, 4,6) ( $p < 0,001$ ), kelompok resistensi +4,0% (95% CI 2,1, 5,7) ( $p < 0,001$ ), dan kelompok olahraga kombinasi +6,8% (95% CI 2,6, 11,1) ( $p = 0,006$ ). Secara keseluruhan ketiga kelompok olahraga yang dilakukan efektif dalam meningkatkan fungsi endotel. Namun, dari data yang didapat terlihat kelompok olahraga kombinasi (aerobik dan resistensi) menunjukkan hasil yang lebih efektif dibandingkan dengan kelompok aerobik dan kelompok resistensi.<sup>16</sup>

Penelitian Hansen dkk partisipan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok *aerobic interval training* (AIT), *moderate intensity continuous training* (MIT), dan kelompok kontrol. Setelah dilakukan intervensi olahraga pada kedua kelompok intervensi selama 12 minggu didapatkan hasil peningkatan FMD hanya terlihat pada kelompok AIT. Dalam penelitian hasil FMD kelompok AIT ( $6,49 \pm 3,71$  menjadi  $10,66 \pm 5,00$  dengan  $p < 0,001$ ), kelompok MIT ( $6,50 \pm 5,01$  menjadi  $7,11 \pm 5,10$  dengan  $p = 0,70$ ), dan kelompok kontrol ( $8,01 \pm 4,62$  menjadi  $8,91 \pm 5,20$  dengan  $p = 0,39$ ).<sup>21</sup>

Hasil penelitian Hansen dkk menunjukkan peningkatan FMD hanya terjadi pada kelompok AIT. Kelompok AIT melakukan olahraga dengan intensitas lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok MIT yang melakukan olahraga dengan intensitas

sedang. Salah satu rangsangan utama pada endotelium untuk meningkatkan bioavailabilitas NO adalah *shear stress*. Sehingga peningkatan FMD pada kelompok AIT lebih besar dibandingkan kelompok MIT.<sup>21</sup>

Kwon dkk dalam penelitiannya membagi partisipan menjadi 3 kelompok yaitu kelompok aerobik, kelompok resistensi, dan kelompok kontrol. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil kelompok aerobik mengalami peningkatan FMD  $2,2 \pm 1,9\%$  ( $p=0,002$ ), kelompok resistensi mengalami peningkatan FMD  $0,7 \pm 3,6\%$  ( $p=0,535$ ), dan kelompok kontrol mengalami penurunan FMD  $0,7 \pm 2,8\%$  ( $p=0,365$ ). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kelompok yang melakukan olahraga aerobik selama 12 minggu secara signifikan terdapat peningkatan FMD yang menggambarkan peningkatan pada fungsi endotel.<sup>23</sup>

Ades dkk dalam penelitiannya secara acak membagi partisipan menjadi 2 kelompok yaitu kelompok *higher calorie exercise* dan *lower calorie exercise*. Selain mendapatkan intervensi olahraga aerobik, kedua kelompok juga mendapat intervensi berupa program penurunan berat badan. Setelah mengikuti program intervensi selama 4 bulan didapatkan hasil peningkatan FMD dan penurunan berat badan pada kedua kelompok. Hasil peningkatan FMD Kelompok *high calorie exercise* dari  $2,9 \pm 3,6$  menjadi  $6,5 \pm 3,5$   $p$  0,0004 dan kelompok *lower calorie exercise* dari  $3,6 \pm 4,1$  menjadi  $4,9 \pm 3,8$   $p$  0,04. Hasil penurunan berat badan kelompok *high calorie exercise* dari  $92,3 \pm 16,2$  menjadi  $83,7 \pm 14,6$   $p < 0,001$  dan kelompok *lower calorie exercise* dari  $97,7 \pm 13,9$  menjadi  $95,4 \pm 14,3$   $p$  0,02.<sup>24</sup>

Hasil penelitian kelompok *high calorie exercise* mengalami penurunan berat badan lebih banyak dan menunjukkan penurunan yang lebih besar pada massa lemak, lingk-

pinggang, lemak total dan intraabdominal, trigliserida, kolesterol, dan tingkat insulin. Kelompok *high calorie exercise* juga didapatkan hasil peningkatan FMD yang lebih tinggi dibandingkan kelompok *lower calorie exercise*. Penelitian Ades dkk menyatakan obesitas, resistensi insulin, hipertensi, dan hiperlipidemia semuanya terkait dengan penurunan FMD. Dari hasil penelitian Ades dkk tersebut didapatkan olahraga digabung dengan program penurunan berat badan dapat meningkatkan FMD. Penurunan berat badan yang lebih besar dikaitkan dengan peningkatan FMD yang lebih besar.<sup>24</sup>

Penelitian Gerage dkk, Taha dkk, dan Turkey dkk melakukan penelitian olahraga aerobik terhadap fungsi endotel dengan melihat perubahan pada kadar NO. NO merupakan suatu zat yang diproduksi oleh sel endotel yang berfungsi sebagai penentu utama vasodilatasi endotel. Selain itu, NO juga berfungsi sebagai penghambat terjadinya agregasi platelet, inflamasi dan stress oksidatif. Sehingga NO dijadikan sebagai biomarker dari penurunan fungsi endotel dengan melihat dari bioavailabilitasnya.<sup>12,17,20,25</sup>

Penelitian Gerage dkk membagi partisipan menjadi 2 kelompok yaitu kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Kelompok intervensi mengikuti program VAMOS dalam program tersebut partisipan diberikan konseling untuk melakukan olahraga dan pola makan yang sehat sedangkan kelompok kontrol hanya mendapat edukasi perubahan gaya hidup. Setelah 12 minggu mengikuti program VAMOS kelompok intervensi menunjukkan peningkatan NO dari  $5,7 \pm 2,5$  menjadi  $6,5 \pm 2,1$  dibandingkan dengan kelompok kontrol dari  $6,8 \pm 2,3$  menjadi  $5,7 \pm 2,4$ . Peningkatan NO menunjukkan terjadinya peningkatan pada fungsi endotel setelah mendapat intervensi olahraga.<sup>12</sup>

Taha dkk melakukan penelitian terhadap 46 wanita pascamenopause dengan hipertensi ringan. Partisipan dibagi menjadi kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Kelompok intervensi mendapat intervensi berupa melakukan olahraga aerobik interval intensitas tinggi (berjalan atau berlari) 40 menit 3 kali seminggu selama 10 minggu sedangkan kelompok kontrol tidak diberikan intervensi apapun. Hasil yang didapatkan setelah 10 minggu pada kelompok intervensi kadar NO dari  $22,94 \pm 1,75$  menjadi  $32,86 \pm 1,73$  dan kelompok kontrol kadar NO dari  $23,4 \pm 1,12$  menjadi  $22,73 \pm 1,45$ . Penelitian Taha dkk menunjukkan bahwa olahraga interval intensitas tinggi selama 10 minggu efektif dalam meningkatkan konsentrasi kadar NO pada wanita pascamenopause dengan hipertensi ringan.<sup>17</sup>

Hasil yang serupa juga ditemukan pada penelitian Turkey dkk. Turkey dkk melakukan penelitian pada pasien hipertensi pascamenopause dengan obesitas usia 40-50 tahun. Partisipan dibagi menjadi kelompok intervensi melakukan olahraga aerobik intensitas sedang (berjalan di *treadmill*) 20 menit 3 kali seminggu selama 8 minggu dan kelompok kontrol. Temuan utama dari penelitian ini menunjukkan bahwa 8 minggu olahraga aerobik secara teratur pada pasien hipertensi pascamenopause yang obesitas selain menurunkan IMB dan tekanan darah juga meningkatkan kadar NO secara signifikan. Pada kelompok intervensi terjadi peningkatan NO sebanyak 30,4% dari  $24,3 \pm 0,9$  menjadi  $31,7 \pm 0,7$  dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya meningkat sebanyak 8% dari  $23,7 \pm 0,4$  menjadi  $26,4 \pm 0,3$ .<sup>20</sup>

Penelitian Lambert dkk didapatkan hasil penelitian pada kelompok ATM terjadi peningkatan sintase NO dengan terdapat peningkatan eNOS (+31%,  $p$  0,05) tetapi tidak pada kelompok LTM. eNOS adalah suatu enzim yang berfungsi untuk memproduksi NO dan dapat digunakan

sebagai indeks pengganti dari NO untuk menilai bioavailabilitas NO. Aktivitas eNOS yang meningkat akan meningkatkan produksi NO sehingga terjadi peningkatan pada fungsi endotel.<sup>14</sup>

Pada penelitian Muangritdech dkk setelah partisipan mendapat intervensi olahraga aerobik didapatkan hasil peningkatan pada NOx. NOx adalah hasil metabolit NO yaitu nitrit (NO<sub>2</sub>-) dan nitrat (NO<sub>3</sub>-). Di dalam darah kadar NOx relatif stabil sehingga dapat dipakai sebagai indikator sintesis NO tubuh. Hasil penelitian Muangritdech dkk didapatkan hasil peningkatan NOx kelompok IHR;  $8,5 \pm 7,6$   $\mu\text{mol/L}$ ,  $p = 0,031$  dan kelompok IHT;  $20,0 \pm 9,1$   $\mu\text{mol/L}$ ,  $p < 0,001$ . Adanya peningkatan NOx tersebut berkaitan dengan terjadinya peningkatan pada fungsi endotel.<sup>15,19,26</sup>

Penelitian Tsukiyama dkk memberikan intervensi olahraga bersepeda 5 kali seminggu selama 4 minggu kepada 184 partisipan. Setelah melakukan olahraga selama 4 minggu didapatkan NO<sub>2</sub>-meningkat dari  $141,9 \pm 45,5$  menjadi  $160,4 \pm 53,4$ . NO<sub>2</sub>- merupakan degradasi produk oksidatif NO yang bisa digunakan sebagai indeks pengganti NO karena NO memiliki waktu paruh yang pendek. Terdapatnya peningkatan NO<sub>2</sub>- menunjukkan terdapat peningkatan fungsi endotel setelah melakukan olahraga secara teratur.<sup>18,25</sup>

Dari beberapa penelitian sebelum dan sesudah melakukan olahraga dilakukan pengukuran fisiologis dan tes latihan. Jo dkk dalam penelitiannya sebelum dan sesudah olahraga melakukan pengecekan tekanan darah dan frekuensi jantung istirahat yang diukur menggunakan pengukur tekanan darah digital otomatis. Setelah istirahat selama minimal 5 menit, kemudian dilakukan pengukuran tekanan darah tiga kali berturut-turut dengan interval 2 menit. Rata-rata dari tiga pembacaan dicatat sebagai nilai tekanan darah. Pada penelitian

ini juga dilakukan *stress test* sebagai proses skrining untuk mengevaluasi gejala atau tanda abnormal saat melakukan latihan pada partisipan.<sup>22</sup>

Pada penelitian Gibbs dkk setelah partisipan mendapat intervensi olahraga selama 6 bulan tidak menunjukkan peningkatan pada fungsi vaskular yang dilihat dengan mengukur FMD atau biomarker endotel E-selektin, ICAM-1, VCAM-1, atau P-selektin. Biomarker endotel E-selektin, ICAM-1, VCAM-1, atau P-selektin merupakan pendekatan lain yang bisa digunakan untuk mengukur dari zat aktivasi endotel. ICAM-1, VCAM-2, dan E-Selektin sebagai bentuk larut dari molekul adhesi yang ditemukan dalam sirkulasi dapat menggambarkan status inflamasi pembuluh darah dan penurunan fungsi endotel. P-selektin berfungsi sebagai penanda aktivasi platelet dan kadar fibrinogen plasma menggambarkan keadaan pro-koagulan. Pada penurunan fungsi endotel terhadap hubungan dengan keadaan pro-koagulasi dengan meningkatnya P-selektin pada penyakit kardiovaskular sehingga P-selektin dapat dianggap sebagai salah satu biomarker status fungsi endotel.<sup>11,25</sup>

Dari hasil penelitian Gibbs dkk didapatkan peningkatan kebugaran, komposisi tubuh dan kontrol glikemik, tetapi tidak terdapat perubahan pada FMD. Dalam penelitian Gibbs dkk menjelaskan beberapa faktor kemungkinan yang menyebabkan kurangnya efek pada peningkatan FMD. Pertama, peningkatan FMD akan kembali ke nilai dasar setelah 8 minggu akibat perbaikan vaskular. Sedangkan pada penelitian Gibbs dkk dilakukan pengukuran setelah 6 bulan melakukan program olahraga sehingga kemungkinan terjadi peningkatan FMD pada saat dilakukan penelitian tetapi kembali ke nilai dasar setelah 6 bulan. Kemungkinan lainnya intensitas program olahraga yang dilakukan kurang memadai untuk memperoleh perubahan pada vaskular.

Terakhir, urutan olahraga aerobik dan resistensi yang dilakukan dalam penelitian tidak sistematis sehingga memberikan keterbatasan untuk mengevaluasi pengaruh olahraga pada fungsi endotel. Sedangkan tidak terjadinya peningkatan pada biomarker endotel lainnya kemungkinan disebabkan tingkat biomarker endotel pada partisipan penelitian rendah atau lebih sehat dibandingkan penelitian lain yang mengalami peningkatan.<sup>11</sup>

Hasil penelitian Suboc dkk juga menunjukkan tidak terdapat peningkatan pada fungsi endotel setelah mendapat intervensi. Partisipan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok >5% meningkatkan aktivitas fisik, kelompok 0-4,99% meningkatkan aktivitas fisik, dan kelompok kontrol. Dalam penelitian tersebut partisipan mendapat intervensi berupa meningkatkan aktivitas fisik (berjalan) selama 100 menit perhari selama 12 minggu dengan intensitas aktivitas dari yang ringan sampai dengan berat. Hasil penelitian didapatkan FMD kelompok >5% dari  $3,86 \pm 0,74$  menjadi  $3,80 \pm 0,81$ , kelompok 0-4,99% dari  $3,91 \pm 0,72$  menjadi  $3,92 \pm 0,74$ , dan kelompok kontrol dari  $3,66 \pm 0,75$  menjadi  $3,68 \pm 0,76$ .<sup>13</sup>

Hasil penelitian Suboc dkk menunjukkan tidak terdapat peningkatan signifikan pada partisipan setelah mendapat intervensi olahraga. Hal ini kemungkinan disebabkan karena beberapa keterbatasan dalam penelitian seperti partisipan yang relatif lebih sehat, memiliki efek yang berbeda pada dewasa yang lebih tua karena memiliki risiko dan penyakit kardiovaskular yang lebih besar dan tidak memiliki data yang memadai selama 12 minggu kunjungan.<sup>13</sup>

## PENUTUP

Berdasarkan 15 artikel yang dimuat dalam *literature review* ini, terdapat 13 artikel yang membuktikan olahraga aerobik

dapat mempengaruhi peningkatan fungsi endotel dan 2 artikel tidak mengalami perubahan atau perbedaan signifikan pada peningkatan fungsi endotel. Olahraga aerobik direkomendasikan sebagai terapi nonfarmakologi pada pasien hipertensi. Pada penderita hipertensi olahraga aerobik yang dilakukan secara rutin tidak hanya menurunkan tekanan darah tetapi juga dapat meningkatkan fungsi endotel. Olahraga aerobik yang dilakukan kepada subjek menunjukkan peningkatan pada tingkat NO yang berfungsi sebagai indikator adanya peningkatan fungsi endotel.

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh olahraga aerobik terhadap fungsi endotel pada penderita hipertensi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Patnaik L, Paul KK, Pattnaik S, Sahu T. Lifestyle pattern and hypertension related knowledge, attitude and practices among diagnosed patients of hypertension attending a tertiary care hospital. *J Cardiovasc Diseases Res.* 2017;8(4):108-11.
2. Permadani I, Handayani OWK, Laksono B. The analysis of factor affecting to the hypertension symptom in pre elderly of selometro 2 health center wonosobo regency. *PHPJ.* 2019;4(2):149-56.
3. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Hari hipertensi dunia 2019 : “know your number, kendalikan tekanan darahmu dengan cerdas.”. [cited 20 Sep 2020] Available from : <http://p2ptm.kemkes.go.id/kegiatan-p2ptm/dki-jakarta/hari-hipertensi-dunia-2019-know-your-number-kendalikan-tekanan-darahmu-dengan-cerdik>
4. Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas). Badan penelitian dan pengembangan kesehatan Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2018.
5. Nadella V, Howell SJ. Hypertension : pathophysiology and perioperative implications. *BJA Educ.* 2015;15(6):275-79.
6. Storch AS, Mattos JD, Alves R, Galdino IS, Rocha HNM. Methods of endothelial function assessment: description and application. *Int J Cardiovasc Sci.* 2017;30(3):262-73.
7. Ruivo JA. Hipertensão arterial e exercício físico. *Rev Port Cardiol;* 2012.
8. J. Glodzik, K. Rewiuk, J. Adamiak, J. Marchewka, A. Salakowski, M. Mazur. Controlled aerobic training improves endothelial function and modifies vascular remodeling in healthy adults with high normal blood pressure. *JPP.* 2018;69(5):699-707.
9. Palar CM, Wongkar D, Ticoalu SHR. Manfaat latihan aerobik terhadap kebugaran fisik manusia. *eBm.* 2015;3(1).
10. Swift LD, Earnest CP, Blair SN, Church TS. The effect of different doses of aerobic exercise training on endothelial function in postmenopausal women with elevated blood pressure: results from the DREW study. *Br J Sport Med.* 2012; 46(10): 753-8.
11. Gibbs BB, Dobrosielski DA, Bonekamp S, Stewart KJ, Clark JM. A randomized trial of exercise for blood pressure reduction in type 2 diabetes: effect on flow-mediated dilation and circulating biomarkers of endothelial function. *Atherosclerosis.* 2012; 224(2): 446-53.
12. Gerage AM, Benedetti TR, Cavalcante BR, Farah BQ, Ritti-Dias MR. Efficacy of a behavior change program on cardiovascular parameters in patients with hypertension: a randomized controlled trial. *einstein (São Paulo).* 2020;18..

13. Suboc TB, Knabel D, Starth SJ, Dharmashankar D, Coulliard A, Malik M, Haak K, Widlansky ME. Associations of reducing sedentary time with vascular function and insulin sensitivity in older sedentary adults. *American J Hypertens*. 2015.
14. Lambert BS, Greene MP, Carradine AT, Joubert DP, Fluckey JD, Riechman SE, Crouse SF. Aquatic treadmill training reduces blood pressure reactivity to physical stress. *J American College Sports Med*. 2014.
15. Ilic MD, Kocic G, Simonovic D, Pavlovic R, Stojanovic S, Petrovic D, Ilic B. Impact of exercise training on biomarkers on endothelial function in hypertensive patients with metabolic syndrome. *J Hypertens*. 2017;35.
16. Pedralli ML, Marschner RA, Kollet DP, Neto SG, Eibel B, Tanaka H, Lehnen M. Different exercise training modalities produce similar endothelial function improvements in individuals with prehypertension or hypertension: a randomized clinical trial exercise, endothelium and blood pressure. *Scientific reports*. 2020.
17. Taha MM, Mohamed MAEL, Hasanin ME. Effect of high intensity interval training on endothelial function in postmenopausal hypertensive patients: randomized controlled trial. *Int J Physioter*. 2016; 3(1): 39-44.
18. Tsukiyama Y, Ito T, Nagaoka K, Eguchi E, Ogino K. Effects of exercise training on nitric oxide, blood pressure and antioxidant enzymes. *J Clin Biochem Nutr*. 2017; 60(3): 180-6.
19. Muangritdech N, Hamlin MJ, Sawanyawisuth K, Prajumwongs P, Saengjan W, Wonnabussapawich P, Manimmanakorn N, Manimmanakorn A. Hypoxic training improves blood pressure, nitric oxide and hypoxia-inducible factor-1 alpha in hypertensive patients. *Eur J Appl Physiol*. 2020.
20. Turky K, Elnahas N, Oruch R. Effects of Exercise training on postmenopausal hypertension: implications on nitric oxide levels. *Med J Malaysia*. 2013; 68(6).
21. Hansen HEM, Stolen T, Tjonna AE, Aamot IL, Ekeberg IS, Tyldum EA, Wisloff U, Ingul CB, Stoylen A. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *Eur J Preventive Cardiol*. 2011; 19(2): 151-60.
22. Jo EA, Cho KI, Park JJ, Im DS, Choi JH, Kim BJ. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on epicardial fat thickness and endothelial function in hypertensive metabolic syndrome. *Metab Syndr Relat Disord*. 2020; 20(20): 1-7.
23. Kwon HR, Min KW, Ahn HJ, Seok HG, Lee JH, Park GS, Han KA. Effects of aerobic exercise vs. Resistance training on endothelial function in women with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab J*. 2011; 35: 364-73.
24. Ades AP, Savage PD, Lischke S, Toth MJ, Harvey Berino J, Bunn JY, Ludlow M, Schneider DJ. The effect of weight loss and exercise training on flow-mediated dilatation in coronary heart disease a randomized trial. *CHEST*. 2011; 140(6).
25. Kurniawan A, Yanni M. Pemeriksaan fungsi endotel pada penyakit kardiovaskular. *Jurnal Human Care*. 2020; 5(3): 638-49.
26. Dewi WIA, Aman IGM, Bagiada NA. Pemberian ekstrak biji kakao (*Theobroma cacao* L.) Menurunkan kadar malondialdehide dan meningkatkan kadar NOx darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi stres psikososial. *Medicina*. 2012; 43(3)

