

The effect of exercise in open spaces and green open spaces on lung inflammation

Cecep Muhammad Alawi^{1*}, Hamidie Ronald Daniel Ray², Agus Rusdiana³

¹Pendidikan Olahraga, Sekolah PascaSarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Setiabudi No. 229, Isola, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

^{2,3}Ilmu Keolahragaan, Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Setiabudi No. 229, Isola, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Corresponding Author : cecepalawi2@gmail.com

Abstract

The purpose of this study was to analyze the effect of exercise in open spaces with exposure to pollution and exercise in green open spaces on lung inflammation. True eksperiment and The Randomized Posttest-Only Control Group Design was used in this study. 24 adult male wistar white rats weighing 200-250 grams aged 8-9 weeks were randomly divided into four groups, NE (Non Exercise) as control, NE+Pol (Non Exercise + exposure pollution Particulate Matter 2.5 <75 ppm and Carbon Monoxide Meter <100 ppm), Ex (Exercise 5 times/week for 4 weeks), and Ex+Pol (Exercise + exposure pollution). The inflammatory marker Tumor Necrosis Factor-alpha (TNF- α) was analyzed using Western Blotting. To find out the significant differences between groups, one-way ANOVA and Post Hoc test were used. The results showed that the exercise + exposure to pollution had significantly higher levels of TNF- α than the control group (Ex+Pol: 1,63 AU; NE: 0,54 AU; $p=0,000$). There was no significant difference between the exercise in green open space and the control group (Ex: 0,80 AU; NE: 0,54 AU; $p=0,357$). It can be concluded that there is an effect of exercise in an open space with exposure to pollution on lung inflammation. And other results show there is no effect of exercise in green open spaces on lung inflammation.

Keywords: Exercise, pollution, inflammation, TNF- α

Pengaruh olahraga di ruang terbuka dan ruang terbuka hijau terhadap inflamasi paru

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi dan olahraga di ruang terbuka hijau terhadap inflamasi paru. Metode *true eksperiment* dan desain *The Randomized Posttest-Only Control Group Design* digunakan dalam penelitian ini. 24 ekor tikus putih galur wistar jantan dewasa dengan berat 200-250 gram berusia 8-9 minggu dibagi secara acak menjadi empat kelompok, NE (*Non Exercise*) sebagai kontrol, NE+Pol (*Non Exercise* + polusi *Particulate Matter 2.5* >75 ppm dan *Carbon Monoxide Meter* <100 ppm), Ex (*Exercise* 5 kali/minggu selama 4 minggu), Ex+Pol (*Exercise* + polusi). Penanda inflamasi *Tumor Necrosis Factor-alpha* (TNF- α) dianalisis menggunakan *Western Blotting*. Untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antar kelompok, analisis ANOVA satu jalur dan uji *Post Hoc* digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok eksperimen olahraga dengan paparan polusi memiliki kadar TNF- α yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (Ex+Pol: 1,63 AU; NE: 0,54 AU; $p=0,000$). Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen olahraga di ruang terbuka hijau dengan kelompok kontrol (Ex: 0,80 AU; NE: 0,54 AU; $p=0,357$). Dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi terhadap inflamasi paru. Dan hasil lain menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh olahraga di ruang terbuka hijau terhadap inflamasi paru.

Kata kunci: Olahraga, polusi, inflamasi, TNF- α

PENDAHULUAN

Kondisi pandemi global akibat *Corona Virus Disease 19* (COVID-19) memaksa masyarakat untuk melakukan karantina di rumah saja. Kondisi ini beresiko membuat masyarakat kekurangan gerak dan mengalami *sedentary lifestyle* yang menyebabkan seseorang menjadi obesitas dan memicu berbagai penyakit seperti penyakit kardiovaskular dan diabetes (Kehler & Theou, 2019). Sebuah penelitian menyebutkan bahwa selama menghadapi masa pandemi COVID-19 rata-rata masyarakat umum mengalami penurunan frekuensi aktivitas fisik, khususnya aktivitas olahraga selama menjalani karantina di rumah saja (Schnitzer et al., 2020). Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Panda (2020) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan indeks massa tubuh pada pekerja kantoran yang disebabkan oleh kurangnya frekuensi dalam melakukan olahraga selama pandemi COVID-19. Apabila dihubungkan dengan kondisi pandemi COVID-19 ini, justru disarankan agar tetap melakukan gaya hidup aktif dan olahraga secara rutin agar imunitas tubuh terjaga dengan baik dan mencegah terpapar virus COVID-19 (Wong et al., 2020). Berolahraga seperti berjalan, jogging, dan bersepeda yang dilakukan di ruang terbuka sudah menjadi pilihan masyarakat untuk meningkatkan kebugaran jasmani serta menjaga imunitas tubuh agar tetap dalam kondisi yang baik. Berolahraga secara rutin terbukti mampu menurunkan tekanan darah (Alim, 2012), dan menurunkan persentase lemak (Dan Ibtidau Niamila, 2016). Namun, di sisi lain efek dari polusi udara di ruang terbuka juga dapat memicu gangguan fisiologi tubuh manusia (Cutrufello et al., 2011).

Polusi udara di ruang terbuka telah dianggap sebagai masalah dan mempengaruhi sebagian besar kesehatan orang di seluruh dunia (Lelieveld et al., 2015). Menghirup paparan polusi udara seperti *particulate matter* (PM) atau partikel knalpot diesel yang berlebih dapat menyebabkan inflamasi saluran napas dan paru serta dapat memperburuk masalah kesehatan seperti asma, penyakit paru obstruktif kronik, penyakit jantung, dan menyebabkan sekitar 7 juta kematian hnya pada tahun 2012 (Shah & Balkhair, 2011). Karena ukurannya yang sangat kecil, partikel dengan diameter aerodinamis sama dengan atau lebih kecil dari 2,5 mm (PM 2.5) dapat mengendap di daerah alveolus paru dan mencapai aliran darah, sehingga menimbulkan efek sistemik yang merugikan bagi kesehatan (Cutrufello, Paul T. & Smolinga J.M, 2012). Hal ini ditandai dengan peningkatan sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-6 (IL-6), interleukin-8 (IL-8), *Tumor Necrosis Factor-alpha* (TNF- α) dan prostaglandin (Gomes & Florida-James, 2014). Selain itu, kondisi ini juga menyebabkan obstruksi bronkus paru, karena peningkatan sekresi mukus, kontraksi otot polos, dan disfungsi alveolar, serta kerusakan endotel di pembuluh darah (Pinkerton et al., 2017).

Olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi terbukti menyebabkan penurunan fungsi paru. Paparan *particulate matter 2.5* dan ozon sebelum atau selama berolahraga dapat merusak fungsi paru-paru dan dapat meningkatkan inflamasi paru (Giles & Koehle, 2014). Pada level olahraga submaksimal, pernapasan beralih dari yang didominasi oleh hidung menjadi didominasi oleh mulut, transisi ini menyebabkan sistem penyaringan hidung dilewati, sehingga berpotensi meningkatkan dosis polusi yang dapat memperburuk kesehatan dari polusi udara (Niinimaa et al., 1980). Hasil penelitian yang dilakukan pada pelari terlatih yang melakukan latihan dengan paparan polusi mengungkapkan bahwa terdapat tanda-tanda peradangan paru dan cedera paru (Gomes et al., 2011). Penelitian terbaru juga mengungkapkan bahwa parameter fisiologis (gas darah, parameter kardiovaskuler dan hematologi) dipengaruhi secara signifikan oleh polusi setelah melakukan Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Aloui et al., 2017). Masalah ini menghadirkan tantangan yang menarik untuk menyeimbangkan antara manfaat dari berolahraga dengan efek buruk dari polusi udara terhadap kesehatan.

Berbeda dengan olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi berlebih dan banyak efek buruk bagi kesehatan, melakukan olahraga di ruang terbuka hijau sangat dianjurkan.

Ruang terbuka hijau seperti taman dan hutan kota yang tidak ada polusi didalamnya dapat membantu mengurangi panas, dan radiasi ultraviolet, serta mampu meningkatkan kualitas udara (Roy et al., 2012). Tinjauan sistematis menemukan bahwa rata-rata suhu udara pada siang hari di taman 1° celcius lebih rendah dibandingkan daerah perkotaan tanpa penghijauan (Bowler et al., 2010). Penelitian lain yang dilakukan pada musim panas dan temperatur hangat menemukan bahwa rata-rata suhu udara taman mencapai 2° hingga 3° celcius dengan suhu permukaan 6° sampai 8° lebih dingin dibandingkan daerah yang tidak hijau (Fintikakis et al., 2011). Ruang terbuka hijau yang dipenuhi oleh pohon dan tanaman hijau yang disebut juga sebagai paru-paru kota, mampu menghasilkan oksigen serta dapat menghilangkan sejumlah polutan yang terbawa udara, termasuk ozon, sulfur dioksida, dan *particulate matter* (Grundström & Pleijel, 2014). Penelitian di Amerika Serikat mengungkapkan bahwa hutan kota diperkirakan mampu menghasilkan 67 ton oksigen setiap tahun di negara tersebut (Nowak et al., 2007). Hasil penelitian mengungkapkan bahwa olahraga di lingkungan yang menyenangkan seperti taman kota memiliki efek yang lebih besar pada tekanan darah, fungsi jantung, dan kesehatan mental (Barton et al., 2009).

Berdasarkan hasil dari penelitian-penelitian diatas, olahraga di ruang terbuka hijau seperti taman kota berpotensi menjadi tempat olahraga yang baik dibandingkan olahraga di ruang terbuka. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi dan olahraga di ruang terbuka hijau terhadap inflamasi paru.

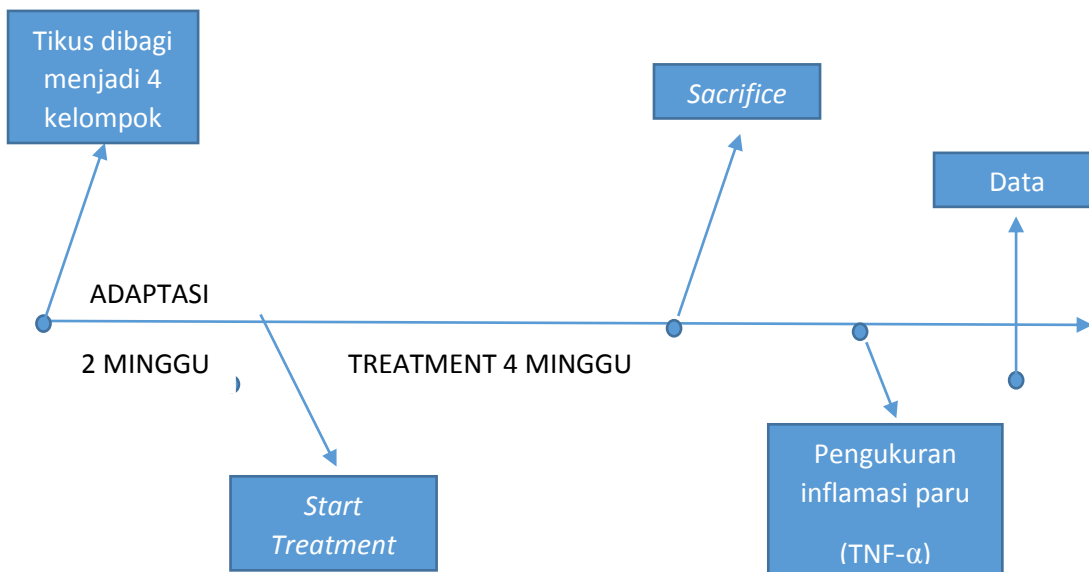
METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian *true experiment* dengan desain *The Randomized Posttest-Only Control Group Design*. Dalam penelitian ini melibatkan empat kelompok yang dibentuk secara acak. Kelompok satu sebagai kontrol tidak diberi perlakuan olahraga dan tanpa paparan polusi (NE; *Non Exercise*), kelompok dua tanpa diberi perlakuan olahraga dengan paparan polusi (NE+Pol; *Non Exercise + polusi*), kelompok tiga diberi perlakuan olahraga dengan paparan polusi (Ex+Pol; *Exercise + polusi*), dan kelompok empat diberi perlakuan olahraga tanpa paparan polusi (Ex; *Exercise*). Setelah diberi perlakuan, hasil inflamasi paru dari seluruh kelompok tersebut akan diukur menggunakan instrumen *Western Blotting*. 24 ekor tikus putih galur wistar jantan dewasa dengan berat 200-250 gram yang berusia 8-9 minggu dibagi secara acak menggunakan teknik *simple random sampling* menjadi empat kelompok sampel. Pemilihan tikus putih galur wistar jantan dewasa sebagai sampel karena jenis tikus tersebut memiliki karakteristik genetik, biologi, dan fungsi fisiologi yang mirip dengan manusia (Silk et al., 2014). Penentuan jumlah sampel minimal ditentukan berdasarkan rumus Federer yaitu $(t-1)(n-1) \geq 15$, bahwa t merupakan jumlah kelompok, sedangkan n merupakan jumlah sampel per kelompok, sehingga didapatkan $n \geq 6$. Penelitian ini menggunakan 6 ekor tikus tiap kelompok.

Seluruh sampel melakukan adaptasi kandang selama satu minggu, setelah itu kelompok sampel *Exercise* dan *Exercise+polusi* melakukan adaptasi latihan pada treadmill untuk tikus selama satu minggu dengan kecepatan lari 10 m/menit. Setelah melakukan adaptasi, kelompok *Exercise* dan *Exercise+polusi* diberikan perlakuan olahraga lari dengan intensitas moderat (20 m/menit) dengan durasi 30 menit. Pada kelompok *Non Exercise+paparan polusi* dan *Exercise+polusi* selama latihan berlangsung diberikan paparan polusi berupa asap kendaraan bermotor dan asap hasil pembakaran sampah yang keduanya mengandung karbon monoksida dan *Particulate Matter 2.5*. Selama latihan, paparan polusi dipertahankan dengan menggunakan indikator *Particulate Matter 2.5* >75 ppm dan *Carbon Monoxide Meter* <100 ppm. Nilai ambang batas ini merupakan indikator udara tercemar dan dapat membahayakan kesehatan (Per.13/Men/X/r, 2011). Kelompok *Non Exercise* sebagai kontrol tidak diberikan perlakuan olahraga dan tidak diberikan paparan polusi. Protokol ini dilakukan 5 kali/minggu

selama 4 minggu. Penelitian dilakukan di Laboratorium *Sport Science* Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan Universitas Pendidikan Indonesia.

Setelah seluruh kelompok sampel di berikan perlakuan selama 4 minggu, darah melalui jantung dan organ paru akan diambil dan di simpan dalam larutan nitrogen untuk kemudian di bekukan dalam freezer -80° C. Setelah organ paru diambil, akan dilakukan pengukuran penanda inflamasi paru TNF-alpha menggunakan *Western Blotting*. *Western Blotting* merupakan suatu teknik untuk menandai suatu protein pada membran nitroselulosa, nilon, atau membran transfer lain setelah protein tersebut terpisahkan melalui elektroforesis. Protein tersebut kemudian dapat dideteksi melalui metode autoradiografi, pelabelan dengan senyawa-senyawa fluoresen, pelabelan dengan antibodi terikat protein, lektin atau gen pengikat spesifik lainnya (Attwood et al., 1998). Alur waktu penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Waktu Penelitian

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* untuk menganalisis distribusi normal data, lalu uji *Levene Test* untuk menganalisis homogenitas data. Setelah itu, analisis ANOVA satu jalur dan uji *Post Hoc Tukey* dilakukan untuk menganalisis perbedaan yang signifikan antar kelompok. Nilai $p < 0,05$ dianggap signifikan secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji ANOVA

Pengujian ANOVA ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antar kelompok sampel pada variabel inflamasi paru yang ditandai dengan penanda inflamasi TNF- α . Hasil analisis dinyatakan terdapat perbedaan signifikan jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$). Hasil analisis uji ANOVA satu jalur disajikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Uji ANOVA Satu Jalur

TNF- α					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.582	3	.861	18.240	.000
Within Groups	.566	12	.047		
Total	3.148	15			

Hasil analisis ANOVA satu jalur antara kelompok sampel pada Tabel 1 diatas menunjukkan hasil signifikansi 0,000 yang artinya lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok sampel. Untuk melihat perbedaan diantara kelompok sampel, selanjutnya akan dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Tukey*.

Hasil Uji *Post Hoc Tukey*

Analisis Uji *Post Hic Tukey* bertujuan untuk melihat perbedaan rata-rata kelompok sampel dengan kelompok yang lainnya. Hasil analisis dinyatakan terdapat perbedaan signifikan antara kelompok jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$). Hasil analisis uji *Post Hoc Tukey* disajikan dalam Tabel 2 berikut:

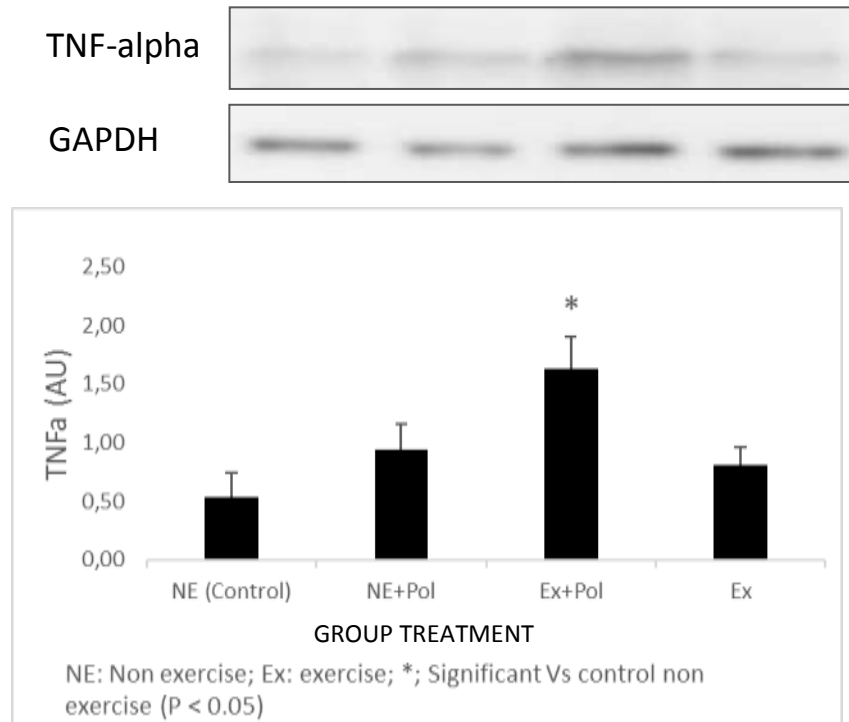
Tabel 2. Hasil Uji *Post Hoc Tukey*

Variabel	Kelompok (I)	Kelompok (J)	Mean Difference (I-J)	Sig.
TNF- α	Non Exercise	Non Exercice Polusi	-.3989742950	.094
		Exercise Polusi	-1.0874352025E0*	.000
		Exercise	-.2636927700	.357
	Non Exercice Polusi	Non Exercise	.3989742950	.094
		Exercise Polusi	-6.8846090750E-1*	.004
		Exercise	.1352815250	.815
	Exercise Polusi	Non Exercise	1.0874352025E0*	.000
		Non Exercice Polusi	.6884609075*	.004
		Exercise	.8237424325*	.001
	Exercise	Non Exercise	.2636927700	.357
		Non Exercice Polusi	-.1352815250	.815
		Exercise Polusi	-8.2374243250E-1*	.001

Berdasarkan hasil uji *Post Hoc Tukey* pada Tabel 2 diatas, dapat disimpulkan beberapa hasil sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen olahraga dengan paparan polusi (*Exercise Polusi*) dengan kelompok kontrol (*Non Exercise*), dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$
2. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi (*Exercise*) dengan kelompok kontrol (*Non Exercise*), dengan nilai signifikansi $0,357 > 0,05$.
3. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen olahraga dengan paparan polusi (*Exercise Polusi*) dengan kelompok eksperimen olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi (*Exercise*), dengan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$

Untuk melihat hasil perbandingan rata-rata antar kelompok, akan disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Pengaruh olahraga dengan dan tanpa paparan polusi terhadap TNF- α

Gambar 2 menunjukkan bahwa kelompok eksperimen olahraga dengan paparan polusi memiliki kadar TNF- α yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (Ex+Pol: 1,63 AU; NE: 0,54 AU; $p=0,000$), dengan perbedaan rata-rata 1,09 AU. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi dengan kelompok kontrol (Ex: 0,80 AU; NE: 0,54 AU; $p=0,357$). Perbedaan signifikan terlihat antara kelompok eksperimen olahraga dengan paparan polusi dengan kelompok eksperimen olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi (Ex+Pol: 1,63 AU; Ex: 0,80 AU; $p=0,001$). Dengan demikian dapat disimpulkan terdapat pengaruh olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi terhadap TNF- α pada paru-paru.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi dapat menyebabkan inflamasi pada paru-paru yang ditandai dengan meningkatnya kadar TNF- α . Hasil penelitian ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa paparan partikel knalpot diesel menginduksi pelepasan sistemik kadar IL-6 dan TNF- α , sebuah sitokin yang dianggap sebagai biomarker penyebab dari proses inflamasi (Gimeno et al., 2011; Nemmar et al., 2010). Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa paparan polusi partikel knalpot diesel menyebabkan inflamasi pada paru-paru yang ditandai dengan meningkatnya kadar TNF-alpha dan *Keratinocyte Chemoattractant* pada tikus yang melakukan olahraga intensitas ringan selama 60 menit (De Paula Vieira et al., 2012). Penelitian yang dilakukan Devlin et al., (1999) juga mengamati peningkatan yang signifikan dalam inflamasi IL-6 dan TNF- α setelah 4 jam terpapar nitrogen dioksida diikuti latihan treadmill dengan intensitas sedang. Selain itu, paparan *Particulate Matter 10* dan *black carbon* terbukti mampu meningkatkan TNF-alpha dan *Nuclear Factor-Kb* pada tikus setelah melakukan latihan intensitas ringan selama 60 menit (Fashi et al., 2015).

Namun, mekanisme polusi udara dapat menyebabkan inflamasi tidak sepenuhnya ditimbulkan. Penelitian terbaru yang dilakukan oleh Pasqua et al., (2020) meneliti apakah polusi udara dari pusat kota akan mempengaruhi respon inflamasi dan kardiorespirasi selama melakukan latihan intensitas sedang yang panjang (90 menit). Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa pro-inflamasi tidak mengalami peningkatan pada 30 menit sampai 60 menit durasi latihan. Pro-inflamasi yang ditandai dengan meningkatnya kadar IL-1, IL-6, TNF-alpha dan *Vascular Endothelial Growth Factor* terlihat meningkat setelah durasi latihan lebih dari 60 menit dengan kondisi paparan polusi udara kendaraan. Hasil tersebut tentu berbeda dengan penelitian ini, dan bisa diperdebatkan. Dalam penelitian tersebut sampel hanya melakukan satu kali latihan dan hanya melihat efek akut dari paparan polusi terhadap inflamasi paru, sedangkan dalam penelitian ini sampel melakukan latihan 5 kali per minggu selama 4 minggu. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menganalisis efek akut dan kronis olahraga dengan paparan polusi terhadap inflamasi. Selain itu, durasi dan intensitas latihan memiliki faktor penting dalam respon inflamasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Flouris et al., (2012) juga tidak menemukan peningkatan yang signifikan kadar IL-6 dan TNF-alpha setelah terpapar asap rokok orang lain selama 1 jam diikuti dengan latihan maksimal yang berlangsung sekitar 10 menit. Penelitian lain yang dilakukan oleh Jacobs et al., (2010) juga tidak menemukan perbedaan yang signifikan pada serum IL-6 dan TNF-alpha setelah 20 menit bersepeda intensitas sedang dengan kondisi terpapar polusi, serta hasil penelitian yang dilakukan oleh Pagani et al., (2020) juga tidak menunjukkan peningkatan kadar TNF-alpha pada pelari yang diberikan polusi *Particulate Matter* selama 10 minggu. Hal ini bisa terjadi karena keragaman komponen dan konsentrasi polutan udara dapat menyebabkan efek biologis yang berbeda (World Health Organization, 2005). Dalam penelitian ini inflamasi pada paru-paru dapat disebabkan oleh inhalasi karbon monoksida (CO) dari saluran pernapasan selama melakukan olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi. Faktanya, karbon monoksida menyebabkan penurunan fungsi paru-paru dan distribusi oksigen yang mencegah hemoglobin membawa oksigen, dan menyebabkan ketidakmampuan otot untuk memenuhi kebutuhan energi saat olahraga (Giles & Koehle, 2014).

Telah terbukti bahwa melakukan olahraga daya tahan secara teratur memberikan banyak manfaat kesehatan, seperti meningkatkan laju respirasi mitokondria, meningkatkan fungsi jantung, menurunkan obesitas dan tekanan darah, serta meningkatkan umur panjang (Kokkinos & Myers, 2010). Latihan olahraga yang bersifat aerobik apabila dilakukan secara teratur juga dapat meningkatkan daya tahan paru jantung, (Nasrulloh, 2009). Bila dilakukan secara rutin dan teratur, latihan daya tahan juga dapat memberikan efek anti-inflamasi yang nyata pada penyakit paru, seperti asma (Vieira et al., 2011), sindrom gangguan pernapasan akut (Ramos et al., 2010), dan penyakit paru obstruktif kronis (Toledo et al., 2012). Namun, berbagai manfaat tersebut bisa didapatkan apabila dilakukan dalam lingkungan dengan kualitas udara yang baik dan tidak tercemar polusi. Hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa sampel yang melakukan olahraga berjalan dengan intensitas sedang di lingkungan yang hijau dan banyak pepohonan menunjukkan peningkatan penanda kesehatan pada tingkat molekuler, fisiologis, dan psikologis sehingga menghasilkan peningkatan kesehatan secara sistemik (Jane Elizabeth S. Thompson, 2012). Hasil tersebut sejalan dengan penelitian ini yang membuktikan bahwa penanda inflamasi IL-6 dan TNF-alpha tidak menunjukkan peningkatan pada sampel yang melakukan olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi dibandingkan sampel yang melakukan olahraga dengan paparan polusi.

Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa tidak terjadi peningkatan TNF-alpha pada sampel yang melakukan olahraga tanpa terpapar PM10 dan *black carbon* dibandingkan sampel yang melakukan olahraga dengan paparan PM10 dan *black carbon* (Fashi et al., 2015). Penelitian yang dilakukan De Paula Vieira et al., (2012) juga menunjukkan bahwa penanda inflamasi IL-6 dan TNF-alpha terlihat lebih tinggi pada sampel yang melakukan olahraga daya tahan dengan paparan partikel knalpot diesel dibandingkan sampel yang melakukan olahraga tanpa paparan partikel knalpot diesel. Penelitian lain yang dilakukan oleh Gomes, Stone, & Florida-James (2011) juga menunjukkan peningkatan stres oksidatif dan

inflamasi paru yang ditandai dengan meningkatnya IL-6 dan CC16 pada pelari yang berlari sejauh 8 km dengan paparan polusi. Berbagai hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penanda inflamasi IL-6 dan TNF-alpha pada sampel yang melakukan olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi lebih baik dibandingkan sampel yang melakukan olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh olahraga di ruang terbuka dengan paparan polusi terhadap penanda inflamasi TNF-alpha pada paru-paru. Tidak terdapat pengaruh yang signifikan olahraga di ruang terbuka hijau/tanpa paparan polusi terhadap penanda inflamasi TNF-alpha pada paru-paru. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk menganalisis efek akut dan kronis olahraga dengan paparan polusi terhadap inflamasi dan menganalisis efek durasi dan intensitas latihan pada saat melakukan olahraga dengan paparan polusi terhadap inflamasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, A. (2012). Pengaruh olahraga terprogram terhadap tekanan darah dan daya tahan kardiorespirasi pada atlet pelatda sleman cabang tenis lapangan. *MEDIKORA*, VIII(2).
- Aloui, K., Abedelmalek, S., Chtourou, H., Wong, D. P., Boussetta, N., & Souissi, N. (2017). Effects of time-of-day on oxidative stress, cardiovascular parameters, biochemical markers, and hormonal response following level-1 Yo-Yo intermittent recovery test. *Physiology International*, 104(1), 77–90. <https://doi.org/10.1556/2060.104.2017.1.6>
- Attwood, T. K., Campbell, P. N., Parish, J. H., Smith, A. D., & Stirling, J. L. (1998). Erratum: Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology (TIBS). In *Trends in Biochemical Sciences* (Vol. 23, Issue 12). [https://doi.org/10.1016/S0968-0004\(98\)01321-8](https://doi.org/10.1016/S0968-0004(98)01321-8)
- Barton, J., Hine, R., & Pretty, J. (2009). The health benefits of walking in greenspaces of high natural and heritage value. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 6(4), 261–278. <https://doi.org/10.1080/19438150903378425>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Cutrufello, Paul T. Smolinga J.M, R. K. . (2012). Small Things Make a Big Difference : Particulate Matter and Exercise. *Sports Med* 2012; 42 (12): 1041-1058. <https://doi.org/10.1007/BF03262311>.
- Cutrufello, P. T., Rundell, K. W., Smoliga, J. M., & Stylianides, G. A. (2011). Inhaled whole exhaust and its effect on exercise performance and vascular function. *Inhalation Toxicology*, 23(11), 658–667. <https://doi.org/10.3109/08958378.2011.604106>
- Dan Ibtidau Niamila, M. H. S. T. P. (2016). Perbedaan Perubahan Lemak Tubuh Dan Berat Badan Atlet Balap Sepeda Pada Berbagai Intensitas Latihan. *Medikora*, 14(2). <https://doi.org/10.21831/medikora.v14i2.7937>
- De Paula Vieira, R., Toledo, A. C., Silva, L. B., Almeida, F. M., Damaceno-Rodrigues, N. R., Caldini, E. G., Santos, A. B. G., Rivero, D. H., Hizume, D. C., Lopes, F. D. T. Q. S., Olivo, C. R., Castro-Faria-Neto, H. C., Martins, M. A., Saldiva, P. H. N., & Dolhnikoff, M. (2012). Anti-inflammatory effects of aerobic exercise in mice exposed to air

- pollution. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(7), 1227–1234.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824b2877>
- Devlin, R. B., Horstman, D. P., Gerrity, T. R., Becker, S., Madden, M. C., Biscardi, F., Hatch, G. E., & Koren, H. S. (1999). Inflammatory response in humans exposed to 2.0 ppm nitrogen dioxide. *Inhalation Toxicology*, 11(2), 89–109.
<https://doi.org/10.1080/089583799197195>
- Fashi, M., Alinejad, H. A., & Mahabadi, H. A. (2015). The effect of aerobic exercise in ambient particulate matter on lung tissue inflammation and lung cancer. *International Journal of Cancer Management*, 8(3). <https://doi.org/10.17795/ijcp2333>
- Fintikakis, N., Gaitani, N., Santamouris, M., Assimakopoulos, M., Assimakopoulos, D. N., Fintikaki, M., Albanis, G., Papadimitriou, K., Chryssochoides, E., Katopodi, K., & Doulas, P. (2011). Bioclimatic design of open public spaces in the historic centre of Tirana, Albania. *Sustainable Cities and Society*, 1(1), 54–62.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.12.001>
- Flouris, A. D., Metsios, G. S., Carrill, A. E., Jamurtas, A. Z., Stivaktakis, P. D., Tzatzarakis, M. N., Tsatsakis, A. M., & Koutedakis, Y. (2012). Respiratory and immune response to maximal physical exertion following exposure to secondhand smoke in healthy adults. *PLoS ONE*, 7(2), 4–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031880>
- Giles, L. V., & Koehle, M. S. (2014). The health effects of exercising in air pollution. *Sports Medicine*, 44(2), 223–249. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0108-z>
- Gimeno, D., Delclos, G. L., Ferrie, J. E., De Vogli, R., Elovainio, M., Marmot, M. G., & Kivimäki, M. (2011). Association of CRP and IL-6 with lung function in a middle-aged population initially free from self-reported respiratory problems: The Whitehall II study. *European Journal of Epidemiology*, 26(2), 135–144. <https://doi.org/10.1007/s10654-010-9526-5>
- Gomes, E. C., & Florida-James, G. (2014). Lung Inflammation, Oxidative Stress and Air Pollution. *Lung Inflammation*, 1–28. <https://doi.org/10.5772/58252>
- Gomes, E. C., Stone, V., & Florida-James, G. (2011). Impact of heat and pollution on oxidative stress and CC16 secretion after 8 km run. *European Journal of Applied Physiology*, 111(9), 2089–2097. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1839-x>
- Grundström, M., & Pleijel, H. (2014). Limited effect of urban tree vegetation on NO₂ and O₃ concentrations near a traffic route. *Environmental Pollution*, 189(2), 73–76.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.02.026>
- Jacobs, L., Nawrot, T. S., De Geus, B., Meeusen, R., Degraeuwe, B., Bernard, A., Sughis, M., Nemery, B., & Panis, L. I. (2010). Subclinical responses in healthy cyclists briefly exposed to traffic-related air pollution: An intervention study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-64>
- Jane Elizabeth S . Thompson. (2012). *The impact of an 8-week green-exercise programme on systemic health , and on markers associated with cardiovascular disease risk Author : Jane Elizabeth S . Thompson Supervisors : Dr Richard Webb , Dr Paul Hewlett , Dr David Llewellyn and Dr Barry McDonne.*
- Kehler, D. S., & Theou, O. (2019). The impact of physical activity and sedentary behaviors on frailty levels. *Mechanisms of Ageing and Development*, 180(November 2018), 29–41.

<https://doi.org/10.1016/j.mad.2019.03.004>

- Kokkinos, P., & Myers, J. (2010). Exercise and physical activity: Clinical outcomes and applications. *Circulation*, *122*(16), 1637–1648.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.948349>
- Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., & Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, *525*(7569), 367–371. <https://doi.org/10.1038/nature15371>
- Nasrulloh, A. (2009). Pengaruh latihan aerobik kombinasi dengan teknik terhadap kemampuan kardiorespirasi efek tekananudara terhadap fisiologi tubuh atlet. *MEDIKORA*, *0*(1). <https://journal.uny.ac.id/index.php/medikora/article/view/4694>
- Nemmar, A., Al-Salam, S., Zia, S., Dhanasekaran, S., Shudadevi, M., & Ali, B. H. (2010). Time-course effects of systemically administered diesel exhaust particles in rats. *Toxicology Letters*, *194*(3), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2010.02.001>
- Niinimaa, V., Cole, P., Mintz, S., & Shephard, R. J. (1980). The switching point from nasal to oronasal breathing. *Respiration Physiology*, *42*(1), 61–71. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(80\)90104-8](https://doi.org/10.1016/0034-5687(80)90104-8)
- Nowak, D. J., Hoehn, R., & Crane, D. E. (2007). Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture and Urban Forestry*, *33*(3), 220–226.
- Pagani, L. G., Santos, J. M. B., Foster, R., Rossi, M., Luna, L. A., Katekaru, C. M., de Sá, M. C., Jonckheere, A. C., Almeida, F. M., Amaral, J. B., Vieira, R. P., Bullens, D. M. A., Bachi, A. L. L., & Vaisberg, M. (2020). The effect of particulate matter exposure on the inflammatory airway response of street runners and sedentary people. *Atmosphere*, *11*(1), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ATMOS11010043>
- Panda, S. R. (2020). Alliance of COVID 19 with pandemic of sedentary lifestyle & physical inactivity: Impact on reproductive health. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*, *59*(5), 790. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.07.034>
- Pasqua, L. A., Damasceno, M. V., Cruz, R., Matsuda, M., Martins, M. A. G., Marquezini, M. V., Lima-Silva, A. E., Saldiva, P. H. N., & Bertuzzi, R. (2020). Exercising in the urban center: Inflammatory and cardiovascular effects of prolonged exercise under air pollution. *Chemosphere*, *254*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126817>
- Per.13/Men/X/r. (2011). Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/Men/X/2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja Tahun 2011. *Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi*, 1–48.
- Pinkerton, J. W., Kim, R. Y., Robertson, A. A. B., Hirota, J. A., Wood, L. G., Knight, D. A., Cooper, M. A., O'Neill, L. A. J., Horvat, J. C., & Hansbro, P. M. (2017). Inflammasomes in the lung. *Molecular Immunology*, *86*, 44–55.
<https://doi.org/10.1016/j.molimm.2017.01.014>
- Ramos, D. S., Olivo, C. R., Quirino Santos Lopes, F. D. T., Toledo, A. C., Martins, M. A., Lazo Osório, R. A., Dolhnikoff, M., Ribeiro, W., & Vieira, R. D. P. (2010). Low-intensity swimming training partially inhibits lipopolysaccharide- induced acute lung injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(1), 113–119.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ad1c72>
- Roy, S., Byrne, J., & Pickering, C. (2012). A systematic quantitative review of urban tree

- benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11(4), 351–363.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.06.006>
- Schnitzer, M., Schöttl, S. E., Kopp, M., & Barth, M. (2020). COVID-19 stay-at-home order in Tyrol, Austria: sports and exercise behaviour in change? *Public Health*, 185, 218–220.
<https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.06.042>
- Shah, P. S., & Balkhair, T. (2011). Air pollution and birth outcomes: A systematic review. *Environment International*, 37(2), 498–516. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.10.009>
- Silk, S. B., Hampton, L. L., & Brown, P. A. (2014). What investigators need to know about the use of animals. *ILAR Journal*, 54(3), 324–328. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilt046>
- Toledo, A. C., Magalhaes, R. M., Hizume, D. C., Vieira, R. P., Biselli, P. J. C., Moriya, H. T., Mauad, T., Lopes, F. D. T. Q. S., & Martins, M. A. (2012). Aerobic exercise attenuates pulmonary injury induced by exposure to cigarette smoke. *European Respiratory Journal*, 39(2), 254–264. <https://doi.org/10.1183/09031936.00003411>
- Vieira, R. P., Toledo, A. C. de, Ferreira, S. C., Santos, Â. B. G. dos, Medeiros, M. C. R., Hage, M., Mauad, T., Martins, M. de A., Dolhnikoff, M., & Carvalho, C. R. F. de. (2011). Airway epithelium mediates the anti-inflammatory effects of exercise on asthma. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 175(3), 383–389.
<https://doi.org/10.1016/j.resp.2011.01.002>
- Wong, A. Y. Y., Ling, S. K. K., Louie, L. H. T., Law, G. Y. K., So, R. C. H., Lee, D. C. W., Yau, F. C. F., & Yung, P. S. H. (2020). Impact of the COVID-19 pandemic on sports and exercise. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 22, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2020.07.006>
- World Health Organization, W. (2005). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005*. 1–21.
[https://doi.org/10.1016/0004-6981\(88\)90109-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(88)90109-6)