

## LATIHAN FISIK CONTINUES TRAINING DAN PENGARUHNYA TERHADAP KOMPONEN SISTEM IMUN

**Ratri Mauluti Larasati**

Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia  
Email: ratrilarasati97@gmail.com

### Abstrak

Aktivitas fisik rutin dapat memberikan banyak manfaat bagi kesehatan tubuh. Berbagai studi mengenai hubungan antara latihan fisik dan pengaruhnya terhadap sistem imun menjadi tema yang menarik untuk diteliti. Efek latihan fisik terhadap sistem imun dan risikonya terhadap infeksi masih terus dikembangkan dan diteliti. Karya tulis ini merupakan literatur review yang ditulis dengan mengumpulkan literatur dari berbagai jurnal terkini dalam negeri maupun luar negeri. Literatur yang digunakan didapat melalui mesin pencari google scholar dengan kata kunci : excercise, immune system, immune components. Studi ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh latihan fisik terhadap komponen sistem imun sitokin, neutrofil, leukosit, sel NK, dan limfosit. Diketahui bahwa Latihan fisik continues training dapat mempengaruhi sistem imun dan komponen sel-sel imun. Secara umum hasil-hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan dan peningkatan kadar sitokin dan sel NK, serta peningkatan jumlah neutrofil, leukosit, dan limfosit pasca latihan fisik.

**Kata Kunci:** latihan; sistem imun; komponen imun

### Abstract

*Regular physical activity can provide many health benefits. Various studies on the relationship between physical exercise and its effect on the immune system become an interesting topic to research. The effect of physical exercise on the immune system and its risk of infection is still being developed and researched. This paper is a literature review written by collecting literature from various current journals at domestic literature and foreign literature. The literature used was obtained through the Google Scholar search engine with the keywords: exercise, immune system, immune components. This study was conducted to determine the effect of physical exercise on the components of the immune system, cytokines, neutrophils, leukocytes, NK cells, and lymphocytes. It is known that continuous physical exercise can affect the immune system and components of immune cells. In general, the results showed a decrease and increase in the levels of cytokines and NK cells, as well as an increase in the number of neutrophils, leukocytes, and lymphocytes after physical exercise.*

**Keywords:** exercise; immune system; immune components

Received: 2021-11-12; Accepted: 2021-12-05; Published: 2021-12-07

<b>How to cite:</b>	Larasati, R. M. (2021) Latihan Fisik Continues Training Dan Pengaruhnya Terhadap Komponen Sistem Imun. <i>Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia</i> , 6(2).
<b>E-ISSN:</b>	2548-1398
<b>Published by:</b>	Ridwan Institute

## **Pendahuluan**

Aktivitas fisik rutin dapat memberikan banyak manfaat bagi kesehatan tubuh. Aktivitas fisik dapat memberikan efek positif terhadap berbagai organ-organ dalam tubuh seperti sistem skeletal, sistem endokrin, sistem pernapasan, sistem kardiovaskuler, sistem imun, dan lainnya. Saat ini, berbagai studi mengenai hubungan antara latihan fisik dan pengaruhnya terhadap sistem imun menjadi tema yang menarik untuk diteliti. Efek latihan fisik terhadap sistem imun dan resikonya terhadap infeksi masih terus dikembangkan dan diteliti. Artikel ini akan membahas tentang pengaruh latihan fisik terhadap sistem imun dan komponen sistem imun. Ringkasan singkat mengenai pengaruh latihan fisik terhadap komponen sistem imun sitokin, neutrofil, leukosit, sel NK, dan limfosit.

## **Metode Penelitian**

Karya tulis ini merupakan literatur review yang ditulis dengan mengumpulkan literatur dari berbagai jurnal terkini dalam negeri maupun luar negeri yang sebagian besar merupakan hasil penelitian. Literatur yang digunakan didapat melalui mesin pencari google scholar dengan kata kunci : excercise, immune system, immune components. Didapat 72 literatur berkaitan tema, yang kemudian diseleksi untuk diambil literatur-literatur yang sesuai dengan kriteria inklusi. Kriteria inklusi yang ditetapkan yaitu dengan subyek mendapat perlakuan latihan fisik continues training. Kriteria usia dimasukkan untuk melihat apakah ada perbedaan hasil pada kelompok usia muda dan tua.

## **Hasil dan Pembahasan**

### **1. Latihan Fisik**

Latihan fisik merupakan serangkaian aktivitas yang dapat meningkatkan kebugaran fisik dan kesehatan secara keseluruhan. Latihan fisik yang teratur dan berkelanjutan dapat memperkuat organ tubuh sehingga memberikan perlindungan terhadap penyakit. Latihan fisik teratur memiliki peran penting dalam melindungi tubuh dari antigen eksternal dengan meningkatkan sistem imun tubuh (Jee, 2020). Latihan fisik memiliki manfaat potensial dalam mengurangi infeksi penyakit menular dan virus patogen (Laddu, Lavie, Phillips, & Arena, 2021).

Latihan fisik diklasifikasikan berdasarkan frekuensi, durasi, dan intensitasnya. Pengukuran intensitas latihan fisik adalah berdasarkan jumlah konsumsi energi selama aktivitas yang diukur dalam ekuivalen metabolik (METs=kkal/kg/menit). Intensitas juga mewakili jumlah konsumsi oksigen selama aktivitas tertentu. Satu MET adalah ukuran rata-rata tingkat metabolisme seseorang saat istirahat, yang setara dengan 3,5 ml konsumsi oksigen per kilogram berat badan tubuh dalam 1 menit. Intensitas aktivitas fisik dikategorikan menjadi: tidak aktif, ringan, sedang (3-6 MET), dan tinggi (> 6 MET) (Miles, 2007).

Cara lain untuk menggambarkan intensitas latihan fisik menggunakan presentase maksimal konsumsi oksigen selama aktivitas tertentu (VO<sub>2</sub>max).

Karena korelasi kuat antara konsumsi oksigen dan denyut nadi selama aktivitas fisik, persentase denyut nadi maksimum sering digunakan untuk mengukur konsumsi oksigen. Denyut nadi maksimum berdasarkan rumus Karvonen digambarkan sebagai 220 dikurangi usia. Menurut rekomendasi ACSM (American College of Sport Medicine), seseorang yang melakukan latihan intensitas sedang harus mencapai 55-70% dari denyut nadi maksimum selama latihan. Sedangkan standar untuk latihan intensitas tinggi adalah 70-90% dari denyut nadi maksimum, sangat tinggi >90% dari denyut nadi maksimum, sedang <40% dari denyut nadi maksimum, dan intensitas ringan adalah 40-55% dari denyut nadi maksimum (Norton, Norton, & Sadgrove, 2010).

Latihan fisik *Continues Training* merupakan jenis latihan yang dilakukan secara berkelanjutan dan tanpa ada jeda istirahat. Latihan fisik *continues training* dapat dilakukan dengan intensitas latihan rendah, sedang, atau tinggi. Bentuk latihan ini dapat dilakukan pada berbagai intensitas untuk tujuan dan manfaat yang berbeda (Donato et al., 2014). Adapun jenis-jenis interval latihan adalah:

a. Intensitas ringan

Contoh protokol *continues training* dengan intensitas rendah meliputi: 30% dari *Power Peak Output* (PPO) selama 60 menit misal bersepeda dan sepak bola. (Donato et al., 2014).

b. Intensitas sedang

Definisi dari latihan *continues training* dengan intensitas sedang meliputi: 70-75% detak jantung maksimal selama 50 menit. 60-65% VO<sub>2</sub>max selama 30 menit. 65% dari PPO selama 40 menit (Ramos, Dalleck, Tjonna, Beetham, & Coombes, 2015).

c. Intensitas tinggi

Contoh protokol *continues training* dengan intensitas tinggi yang paling populer dikenal dengan istilah *High Intensity Interval Training* (HIIT). Latihan ini meliputi: 100% dari PPO hingga habis misal bersepeda. 80% dari PPO selama 45 menit misal: bersepeda (Ramos et al., 2015).

## 2. Sistem Imun

Sistem imun melindungi dan menghilangkan zat asing dan sel abnormal yang berbahaya bagi tubuh manusia. Kemampuan untuk bertahan dan menetralkan antigen eksternal atau internal disebut kekebalan atau imun. Sistem imun terdiri dari sel, molekul, dan jaringan yang bekerja sama untuk bertahan melawan antigen. Koordinasi dan reaksi dalam sistem imun tubuh yang melawan invasi zat asing disebut respon imun (Abbas, Lichtman, & Pillai, 2014).

Sistem imun merupakan sistem pertahanan yang dapat mengenali antigen yang masuk ke dalam tubuh dan menghasilkan antibodi untuk melawan antigen (Jee, 2020). Sistem imun terdiri dari dua bagian: sistem imun bawaan (umum) dan sistem imun adaptif (khusus). Kedua sistem ini bekerja sama secara erat dan melakukan tugas yang berbeda. Sistem imun bawaan merespon antigen dengan cara yang sama untuk semua kuman dan zat asing, sehingga disebut sebagai sistem

kekebalan "nonspesifik", sementara sistem imun adaptif secara khusus menargetkan jenis kuman yang menyebabkan infeksi (Brandes, Lang, & Schmidt, 2019). Sistem imun bawaan terdiri dari penghalang fisik (kulit dan selaput lendir), komponen seluler (sel-sel NK dan sel-sel fagosit seperti neutrofil dan makrofag), sistem komplemen, dan berbagai zat lain. Komponen utama sistem imun adaptif adalah sel-sel limfosit B dan limfosit T (Nurmasitoh, 2015).

### 3. Hubungan latihan fisik dan sistem imun

Mekanisme efek perlindungan latihan intensitas sedang pada sistem imun tubuh terkait dengan efek positif olahraga di tubuh. Seseorang yang terbiasa dengan rutinitas latihan intensitas sedang secara tidak langsung mendapatkan manfaat meningkatkan sistem imun tubuh, juga mengurangi risiko infeksi (Powers & Howley, 2015).

Latihan fisik dengan intensitas sedang dapat menstimulasi imunitas seluler, sedangkan latihan intensitas tinggi tanpa istirahat yang cukup dapat memicu penurunan imunitas seluler dan meningkatkan kecenderungan infeksi penyakit menular (Leandro, Castro, Nascimento, Pithon-Curi, & Curi, 2007). Selama latihan aerobik intensitas sedang dan kuat dengan durasi kurang dari 60 menit, aktivitas antipatogen makrofag jaringan terjadi secara paralel dengan peningkatan resirkulasi imunoglobulin, sitokin anti-inflamasi, neutrofil, sel NK, sel T sitotoksik, dan sel B imatur, yang semuanya memainkan peran penting dalam aktivitas pertahanan kekebalan dan kesehatan metabolisme (Bigley, Rezvani, et al., 2014).

Olahraga akut secara istimewa dapat memobilisasi sel NK dan limfosit T-CD8 yang memiliki sitotoksitas tinggi dan potensi migrasi antar jaringan (LaVoy et al., 2015). Hormon stres, yang dapat menekan fungsi sel imun, dan sitokin proinflamasi, serta menyebabkan aktivitas metabolisme yang intens, tidak mencapai tingkat tinggi selama olahraga intensitas sedang berdurasi pendek (Viana et al., 2014). Seiring waktu, peningkatan subset limfosit selektif yang disebabkan oleh olahraga dapat meningkatkan imunosurveilans dan menurunkan peradangan, dan mungkin memiliki nilai klinis khusus untuk individu yang mengalami obesitas atau sakit (Ferrandi et al., 2018).

Secara umum, olahraga akut sekarang dipandang sebagai ajuvan sistem kekebalan yang penting untuk merangsang pertukaran leukosit yang sedang berlangsung antara sistem sirkulasi dan jaringan (Adams et al., 2011). Manfaat lainnya adalah olahraga akut dapat berfungsi sebagai strategi sederhana untuk memperkaya kompartemen sel T sitotoksik dan subset sel NK yang dapat dipanen untuk penggunaan klinis (Simpson, Kunz, Agha, & Graff, 2015).

### 4. Pengaruh Latihan fisik terhadap komponen sistem imun

#### a. Sitokin

Sitokin diklasifikasikan sebagai anti-inflamasi dan pro-inflamasi sesuai dengan fungsinya. Produksi sitokin dapat berubah karena stres hormonal atau stress oksidatif dan latihan fisik. Kontraksi otot memiliki efek meningkatkan pelepasan sitokin anti inflamasi dan pro inflamasi pada tingkat yang bervariasi

sesuai dengan volume massa kontraktil yang terlibat, durasi latihan, dan intensitas latihan.

Berikut ini merupakan hasil penelitian mengenai latihan fisik pengaruhnya terhadap sitokin (Terra, da Silva, Pinto, & Dutra, 2012).

**Tabel 1**  
**Penelitian Megenai Latihan Fisik Pengaruhnya Terhadap Sitokin**

Investigator	Populasi dan desain penelitian	Hasil
(Nieman et al., 2012)	Pria usia (37±7) tahun atlet sepeda, melakukan olahraga sepeda 74 km	Tidak ada perbedaan dalam pengukuran inflamasi
(Nieman et al., 2015)	Atlet bersepeda pria usia (39,3±1,9) tahun bersepeda dengan jarak 75 km	Penurunan jumlah IL-10
(Shanely et al., 2016)	Pria usia (48,5±2,3) tahun atlet sepeda, melakukan olahraga sepeda 75 km	Tidak ada perbedaan dalam pengukuran inflamasi
(Nieman, Gillitt, Sha, Esposito, & Ramamoorthy, 2018)	Pria usia (39,1 ±2,4) tahun atlet sepeda, melakukan olahraga sepeda 75 km	Penurunan I-10, IL-6, IL 1ra
(Bartlett et al., 2012)	Lansia usia 64 ± 7 tahun melakukan latihan HIIT dengan berjalan kaki 3×30 menit setian minggu	Terjadi peningkatan jumlah IL-6, CXCL-8, dan TNF-α pasca latihan
(Nieman et al., 2018)	Pria dengan obesitas usia (28,5± 2,7) tahun secara acak dibagi dalam 2 kelompok, kelompok 1 melakukan latihan HIIE dan kelompok 2 MICE	Terjadi peningkatan IL-4 dan IL-6 segera setelah latihan dan penurunan IL-4 60 menit setelah latihan
(Bartlett et al., 2016)	Pria usia 64±5 tahun dan wanita usia 66±5 tahun untuk kelompok kasus dan pemuda usia 23±4 sebagai kontrol melakukan aktivitas fisik dengan berbagai level	Tidak ada perubahan signifikan terhadap jumlah IL-6, IL-8, IL-10, IL-13, CRP, dan MCP-1
(Tomeleri et al., 2016)	Wanita mengalami obesitas usia 40-68 tahun melakukan olahraga resisten 3 set dengan 10-15 kali pengulangan 3 kali seminggu	Terjadi penurunan biomarker sitokin pro-inflamasi TNFα, IL-6, dan CRP

**b. Neutrofil**

Selama latihan latihan fisik, aktivasi serat otot bertanggung jawab untuk meningkatkan pelepasan kalsium (Ca<sup>2+</sup>), sehingga mempromosikan sintesis sitokin proinflammatory, yaitu TNF- $\alpha$  dan IL-1 $\beta$ , yang bertindak dalam regulasi selektin dan menarik neutrofil ke area inflamasi. Setelah latihan fisik aerobik (sekitar 24 jam) terjadi pengurangan yang signifikan dalam kemotaksis neutrofil, namun, tanpa mengurangi aktivitas bakterisida. Proses pengurangan kemotaksis neutrofil akan berbalik menjadi peningkatan dalam 48 jam setelah aktivitas fisik, di mana aktivitas oportunistik mikroorganisme menular dapat terjadi (Lavie, Lee, & Sui, 2015).

**Tabel 2**  
**Penelitian Megenai Latihan Fisik Pengaruhnya Terhadap Neutrofil**

Investigator	Populasi dan desain penelitian	Hasil
(Sand, Flatebo, Andersen, & Maghazach, 2013)	Pria dan wanita sehat dibagi dalam kelompok I olahraga lari atau ski saat musim dingin dengan istirahat 3 jam, dan kelompok II 5 menit <i>treadmill</i>	Terjadi peningkatan signifikan jumlah sel-sel neutrofil pada kelompok I
(Nieman et al., 2015)	Atlet bersepeda pria usia (39,3 $\pm$ 1,9)th bersepeda dengan jarak 75 km	Terjadi penurunan jumlah neutrofil
(Bartlett et al., 2012)	Lansia usia 64 $\pm$ 7th melakukan latihan HIIT dengan berjalan kaki 3 $\times$ 30 menit setian minggu	Terjadi peningkatan jumlah neutrofil pasca latihan HIIT
(Bartlett et al., 2016)	Pria usia 64 $\pm$ 5 tahun dan wanita usia 66 $\pm$ 5 tahun untuk kelompok kasus dan pemuda usia 23 $\pm$ 4 sebagai kontrol melakukan aktivitas fisik dengan berbagai level	Terjadi peningkatan jumlah sel neutrofil
(Khammasi et al., 2018)	Pria usia 18-20th secara random dibagi dalam 2 kelompok, kelompok 1 melakukan latihan HIIT dan kelompok 2 MICT	Terjadi peningkatan jumlah neutrofil pasca latihan MICT dan HIIT
(Abbasi et al., 2016)	Atlet wanita (38,5 $\pm$ 5,7) dan pria (34,8 $\pm$ 9,4) tahun melakukan lari marathon dengan kondisi kompetisi	Konsentrasi neutrofil meningkat 30-3 jam setelah latihan

**c. Leukosit**

Aktivitas fisik juga bertanggung jawab untuk meningkatkan konsentrasi leukosit yang bersirkulasi. Hal ini berkaitan dengan pengurangan sel imun di

pembuluh darah terutama jaringan limfoid sekunder seperti hati, limpa, dan paru-paru. Konsentrasi leukosit tetap tinggi dengan puncak 30-120 menit setelah aktivitas fisik konstan, dan dapat bertahan hingga 24 jam setelahnya.

**Tabel 3**  
**Penelitian Megenai Latihan Fisik Pengaruhnya Terhadap Leukosit**

Investigator	Populasi dan desain penelitian	Hasil
(Nieman et al., 2018)	Pria usia (39,1 ±2,4) tahun atlet sepeda, melakukan olahraga sepeda 75 km	Terjadi penurunan jumlah leukosit
(Khammasi et al., 2018)	Pria usia 18-20 tahun secara random dibagi dalam 2kelompok, kelompok 1 melakukan latihan HIIT dan kelompok 2 MICT	Terjadi peningkatan jumlah leukosit pasca latihan MICT dan HIIT
(Abbasi et al., 2016)	Atlet wanita (38,5±5,7) dan pria (34,8±9,4) tahun melakukan lari marathon dengan kondisi kompetisi	Konsentrasi leukosit meningkat 30-3 jam setelah latihan dan kembali seperti pra latihan setelah 24 jam.
(Abdossaleh, Fatemeh, Frozan, & Amin, 2014)	Atlet judo pria usia 21-26 tahun melakukan latihan intensitas rendah di minggu pertama, intensitas sedang di minggu kedua, dan intensitas tinggi di minggu ketiga	Jumlah leukosit lebih tinggi dari pada kelompok pre-exercise segera setelah latihan intensitas sedang juga latihan intensitas tinggi

#### d. *Natural Killer Cells* (Sel NK)

Selama aktivitas fisik, aliran darah meningkat untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh. Rekrutmen sel NK terjadi melalui stres seluler yang dipicu oleh olahraga dan akibatnya terjadi penurunan adhesi molekul yang diinduksi oleh katekolamin. Namun, aktivitas fisik yang berlangsung lebih dari tiga jam menyebabkan konsentrasi sel NK kembali ke keadaan sebelum latihan atau bahkan lebih rendah dari ini. Hal ini karena sel NK bermigrasi ke area cedera otot.

**Tabel 4**  
**Penelitian Megenai Latihan Fisik Pengaruhnya Terhadap Sel NK**

Investigator	Populasi dan desain penelitian	Hasil
(Bigley, Spielmann, et al., 2014)	Pria usia 50-64 dan 20-34 tahun melakukan latihan bersepeda	Terjadi penurunan jumlah sel NK pada kelompok usia 50-64
(Evans et al., 2015)	Kelompok wanita penderitanya kanker	Terjadi peningkatan jumlah sel NK secara signifikan pada kedua



	payudara dan wanita sehat dengan pola hidup sedenter melakukan latihan fisik aerobik bersepeda	kelompok setelah latihan
(Mohamady, Borhan, Abdallah, & AbdelGhani, 2013)	Pasien wanita pasca mastektomi dibagi dalam kelompok latihan dan tanpa latihan, sampel diambil setelah 3 bulan latihan	Terjadi peningkatan signifikan pada semua sitotoksik sel NK pada kedua kelompok percobaan
(Sooyeon et al., 2021)	Individu usia $\geq 18$ tahun diberikan kuisioner mengenai rutinitas latihan fisik dan pola hidup	Latihan fisik intensitas medium dan tinggi menurunkan resiko aktivitas sel NK rendah pada wanita, pada pria latihan fisik tidak dapat diasosiasikan dengan resiko tersebut

#### e. Limfosit

Selama latihan fisik sedang, konsentrasi limfosit meningkat dalam sistem vaskuler, dan setelah latihan fisik intensitas tinggi menurun ke level di bawah pre-exercise. Rasio CD4 dan CD8 menurun sementara konsentrasi sel T-CD8 meningkat. Jumlah sel T-CD4 menurun bersamaan dengan peningkatan konsentrasi sel NK. Setelah aktivitas fisik, konsentrasi limfosit menurun akibat mekanisme apoptosis. Kemudian, terjadi peningkatan konsentrasi limfosit karena respon imun yang dimediasi TH 1, sebagai pencegahan terhadap infeksi mikroorganisme intraseluler (Lu, Zhao, & Li, 2020).

**Tabel 5**  
**Penelitian Megenai Latihan Fisik Pengaruhnya Terhadap Sel Limfosit**

Investigator	Populasi dan desain penelitian	Hasil
(Bigley, Spielmann, et al., 2014)	Pria usia 50-64 dan 20-34 tahun melakukan latihan bersepeda 30 menit	Terjadi penurunan jumlah sel T-CD8 pada kelompok usia 50-64
(Nieman et al., 2018)	Atlet bersepeda pria usia (39,3 $\pm$ 1,9) tahun bersepeda dengan jarak 75 km	Terjadi penurunan jumlah limfosit
(Bartlett et al., 2012)	Lansia usia (64 $\pm$ 7) tahun melakukan latihan HIIT dengan berjalan kaki 3 $\times$ 30 menit setiap minggu	Terjadi peningkatan jumlah limfosit pasca latihan HIIT
(Spielmann et al., 2011)	Pria usia 18-61 tahun melakukan latihan bersepeda 30 menit	Terjadi peningkatan proporsi sel-sel T naif dan penurunan proporsi sel-sel T
(Khammasi et al., 2011)	Pria usia 18-20 tahun secara	Terjadi peningkatan



al., 2018)	random dibagi dalam 2 kelompok, kelompok 1 melakukan latihan HIIT dan kelompok 2 MICT	jumlah limfosit pasca latihan MICT dan HIIT
(Bartlett et al., 2016)	Pria usia 64±5 tahun dan wanita usia 66±5 tahun untuk kelompok kasus dan pemuda usia 23±4 sebagai kontrol melakukan aktivitas fisik dengan berbagai level	Terjadi peningkatan jumlah sel T-CD11b
(Silva et al., 2016)	Pria usia 65-85 tahun dibagi ke dalam kelompok latihan fisik intensitas sedang dan tinggi dan kelompok tidak melakukan latihan fisik	Pada kelompok latihan fisik terjadi peningkatan jumlah sel T CD8 dan T CD4 memori, serta penurunan jumlah sel T CD45
(Minuzzi et al., 2018)	Pria dan wanita usia 53,5±8,94 tahun melakukan olahraga bersepeda	Terjadi penurunan rasio sel T senesen dan T naif serta penurunan jumlah sel T naif
(Turner, Bosch, Drayson, & Aldred, 2011)	Pria sehat bukan perokok mengikuti tes latihan treadmill pada tes pertama digunakan kecepatan sampai V <sub>O</sub> max dan tes kedua dilakukan latihan treadmill sampai 80% V <sub>O</sub> max	Sel T-EMRA memiliki proporsi jumlah lebih tinggi daripada sel T naif setelah latihan fisik.

### Kesimpulan

Latihan fisik continues training dapat mempengaruhi sistem imun dan komponen sel-sel imun. Secara umum hasil-hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan dan peningkatan kadar sitokin dan sel NK, serta peningkatan jumlah neutrofil, leukosit, dan limfosit pasca latihan fisik.

## BIBLIOGRAFI

- Abbas, AK, Lichtman, AH, & Pillai, S. (2014). *Basic immunology: functions and disorders of the immune system. 4th ed.* Philadelphia: Elsevier. [Google Scholar](#)
- Abbasi, A., Vieira, RP, Bischof, F., Walter, M., Movassaghi, M., Berchtold, NC, Niess, AM, Cotman, CW, & Hinnak, N. (2016). Sex-specific variation in signaling pathways and gene expression patterns in human leukocytes in response to endotoxin and exercise. *Journal of Neuroinflammation*, 289. [Google Scholar](#)
- Abdossaleh, Z., Fatemeh, A., Frozan, K., & Amin, SM. (2014). Leukocytes subsets are differentially affected by exercise Intensity. *International Journal of Sport Studies*, 4(2), 246–253. [Google Scholar](#)
- Adams, GR, Zaldivar, FP, Nance, DM, Kodesh, E., Radom-Aizik, S., & Cooper, DM. (2011). Exercise and leukocyte interchange among central circulation, lung, spleen, and muscle. *Brain Behav Immun*, 25, 658–666. [Google Scholar](#)
- Bartlett, DB, Firth, CM, Phillips, AC, Moss, P., Baylis, D., & Syddall, H. (2012). The age-related increase in low-grade systemic inflammation (inflammaging) is not driven by cytomegalovirus infection. *Aging Cell*, 11(5), 912–915. [Google Scholar](#)
- Bartlett, DB, Fox, O., McNulty, CL, Greenwood, HL, Murphy, L., & Sapey, E. (2016). Habitual physical activity is associated with the maintenance of neutrophil migratory dynamics in healthy older adults. *Brain Behav Immun.*, 56, 12–20. [Google Scholar](#)
- Bigley, AB, Rezvani, K., Chew, C., Sekine, T., Pistillo, M., & Crucian, B. (2014). Acute exercise preferentially redeploys NK-cells with a highly-differentiated phenotype and augments cytotoxicity against lymphoma and multiple myeloma target cells. *Brain Behav Immun*, 39, 160–171. [Google Scholar](#)
- Bigley, AB, Spielmann, G., Bollard, CM, Hanley, PJ, Blaney, JW, & LaVoy, EC. (2014). The effects of age and latent cytomegalovirus infection on the redeployment of CD8+ T cell subsets in response to acute exercise in humans. *Brain Behav Immun*, 39, 142–151. [Google Scholar](#)
- Brandes, R., Lang, F., & Schmidt, R. (2019). *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie.* Berlin: Springer. [Google Scholar](#)
- Donato, MD, West, DW, Churchward-Venne, TA, Breen, L., Baker, SK, & Phillips, SM. (2014). Influence of aerobic exercise intensity on myofibrillar and mitochondrial protein synthesis in young men during early and late postexercise recovery. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 306(9), 1025–1032. [Google Scholar](#)
- Evans, ES, Hackney, AC, McMurray, RG, Randell, SH, Muss, HB, Deal, AM, & Battaglini, CL. (2015). Impact of Acute Intermittent Exercise on Natural Killer

Cells in Breast Cancer Survivors. *Integrative Cancer Therapies*, 14(5), 436–445. [Google Scholar](#)

Ferrandi, PJ, Fico, BG, Whitehurst, M., Zourdos, MC, Bao, F., & Dodge, KM. (2018). Acute high-intensity interval exercise induces comparable levels of circulating cell-free DNA and interleukin-6 in obese and normal-weight individuals. *Life Sci*, 202, 161–166. [Google Scholar](#)

Jee, Yong Seok. (2020). Physical exercise for strengthening innate immunity during COVID-19 pandemic: 4th series of scientific evidence. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 16(5), 383. [Google Scholar](#)

Khammasi, M., Ouerghi, N., Mohamed, S., Feki, M., Khammassi, Y., Pereira, B., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Continuous Moderate-Intensity But Not High Intensity Interval Training Improves Immune Function Biomarkers In Healthy Young Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 00(00), 1–8. [Google Scholar](#)

Laddu, DR, Lavie, CJ, Phillips, SA, & Arena, R. (2021). Physical activity for immunity protection: Inoculating populations with healthy living medicine in preparation for the next pandemic. *Prog Cardiovasc*, 64, 102–104. [Google Scholar](#)

Lavie, CJ, Lee, D., & Sui, X. (2015). Effects of running on chronic diseases and cardiovascular and all-cause mortality. *Mayo Clin Proc*, 90(11), :1541–52. [Google Scholar](#)

LaVoy, EC, Bollard, CM, Hanley, PJ, Blaney, JW, O'Connor, DP, & Bosch, JA. (2015). A single bout of dynamic exercise enhances the expansion of MAGE-A4 and PRAME-specific cytotoxic T-cells from healthy adults. *Exerc Immunol Rev*, 21, 144–153. [Google Scholar](#)

Leandro, CG, Castro, RM, Nascimento, E., Pithon-Curi, TC, & Curi, R. (2007). Leandro CG, Castro RM, Nascimento E, Pithon-Curi TC, Curi R. Adaptive mechanisms of the immune system in response to physical training. *Rev Bras Med Esporte*, 13(5), 343–348. [Google Scholar](#)

Lu, R., Zhao, X., & Li, J. (2020). Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet*, 395, 565–74. [Google Scholar](#)

Miles, L. (2007). Physical activity and health. *Journal Compilation of Nutrition Bulletin*, 32, 314–363. [Google Scholar](#)

Minuzzi, LG, Rama, L., Chupel, MU, Rosado, F., Dos Santos, JV, & Simpson, R. (2018). Effects of lifelong training on senescence and mobilization of T lymphocytes in response to acute exercise. *Exerc Immunol Rev*, 24, 72–84. [Google Scholar](#)

- Mohamady, TM, Borhan, WH, Abdallah, W., & AbdelGhani, S. (2013). Effect of selected exercise program on natural killer cytotoxic cells activity of post-mastectomy patients. *Basic and Applied Science*, 114–119. [Google Scholar](#)
- Nieman, DC, Gillitt, ND, Henson, DA, Sha, W., Shanely, RA, & Knab, AM. (2012). Bananas as an energy source during exercise: a metabolomics approach. *PLoS One*, 7. [Google Scholar](#)
- Nieman, DC, Gillitt, ND, Sha, W., Esposito, D., & Ramamoorthy, S. (2018). Metabolic recovery from heavy exertion following banana compared to sugar beverage or water only ingestion: a randomized, crossover trial. *PLoS One*, 13. [Google Scholar](#)
- Nieman, DC, Gillitt, ND, Sha, W., Meaney, MP, John, C., & Pappan, KL. (2015). Metabolomics-based analysis of banana and pear ingestion on exercise performance and recovery. *J Proteome Res*, 14, 5367–5377. [Google Scholar](#)
- Norton, K., Norton, L., & Sadgrove, D. (2010). Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 496–502. [Google Scholar](#)
- Nurmasitoh, Titis. (2015). Physical activities, exercises, and their effects to the immune system. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Indonesia*, 7(2), 52–58. [Google Scholar](#)
- Powers, SK, & Howley, ET. (2015). *Exercise physiology: theory and application to fitness and performance*. 8th ed. Boston: McGraw-Hill. (chapter 6: Exercise and the immune system). [Google Scholar](#)
- Ramos, J., Dalleck, LC, Tjonna, AE, Beetham, KS, & Coombes, JS. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45(5), 679–692. [Google Scholar](#)
- Sand, KL, Flatebo, T., Andersen, MB, & Maghazach, AA. (2013). Effects of exercise on leukocytosis and blood hemostasis in 800 healthy young females and males. *World J Exp Med*, 3(1), 11–20. [Google Scholar](#)
- Shanely, RA, Nieman, DC, Perkins-Veazie, P., Henson, DA, Meaney, MP, & Knab, AM. (2016). Comparison of watermelon and carbohydrate beverage on exercise-induced alterations in systemic inflammation, immune dysfunction, and plasma antioxidant capacity. *Nutrients*, 8. [Google Scholar](#)
- Silva, LC, Araújo, AL, Fernandes, JR, Matias, M. S., Silva, PR, & Duarte, A. (2016). Moderate and intense exercise lifestyles attenuate the effects of aging on telomere length and the survival and composition of T cell subpopulations. *Age*, 38(24). [Google Scholar](#)
- Simpson, RJ, Kunz, H., Agha, N., & Graff, R. (2015). Exercise and the Regulation of Immune Functions. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*,

103, 355–380. [Google Scholar](#)

Sooyeon, Oh, Sukyung, Chun, Sena, Hwang, Jongseok, Kim, Yuri, Cho, Jooho, Lee, KyuBum, Kwack, & Sang-Woon, Choi. (2021). Vitamin D and Exercise Are Major Determinants of Natural Killer Cell Activity, Which Is Age- and Gender-Specific. *Front. Immunol.* [Google Scholar](#)

Spielmann, G., McFarlin, BK, O'Connor, DP, Smith, PJ, Pircher, H., & Simpson, RJ. (2011). Aerobic fitness is associated with lower proportions of senescent blood T-cells in man. *Brain Behav Immun*, 25, 1521–1529. [Google Scholar](#)

Terra, R., da Silva, SAG, Pinto, VS, & Dutra, PML. (2012). Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular. *Rev Bras Med Esporte*, 18(3), 208–14. [Google Scholar](#)

Tomeleri, CM, Ribeiro, AS, Souza, MF, Schiavoni, D., Schoenfeld, BJ, Venturini, D., Barbosa, DS, Landucci, K., Sardinha, LB, & Cyrino, ES. (2016). Resistance training improves inflammatory level, lipid and glycemic profiles in obese older women: A randomized controlled trial. *Gerontology*, 84, 80–87. [Google Scholar](#)

Turner, JE, Bosch, JA, Drayson, MT, & Aldred, S. (2011). Assessment of oxidative stress in lymphocytes with exercise. *Journal of Applied Physiology*. [Google Scholar](#)

Viana, JL, Kosmadakis, GC, Watson, EL, Bevington, A., Feehally, J., & Bishop, NC. (2014). Evidence for anti-inflammatory effects of exercise in CKD. *J Am Soc Nephrol*, 25, 2121–2130. [Google Scholar](#)

---

**Copyright holder:**

Ratri Mauluti Larasati (2021)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

