



---

Research article

## Pengaruh Latihan Terlatih Dan Tidak Terlatih Terhadap Kadar Eritrosit Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

ERIC MAYO DAGRADI <sup>1</sup>, STEFANUS DJONI HUSODO <sup>1</sup>, AMIRIL MU'MININ <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Kedokteran, Universitas Hang Tuah Surabaya

<sup>2</sup> Departemen Bedah Saraf RSAL dr. Ramelan, Surabaya

Alamat email penulis korespondensi: s.djonihusodo@hangtuah.ac.id

### Abstract

Exercising according to the body's capacity can improve erythrocyte function, but exercise sometimes causes pseudo-anemia. This study aims to examine the effect of trained and untrained exercise on blood erythrocyte levels in white mice. Experimental research with a randomized design with a post-test control group. Twenty-five white rats (*Rattus norvegicus*) of the Wistar strain were divided into five groups. Group 1: did not receive treatment, group 2: trained, without intervention, group 3: untrained, without intervention, group 4: trained, with intervention, group 5: untrained, with intervention. The normality test results for erythrocyte levels were  $p < 0.05$  and homogeneity  $p > 0.05$ . Statistical analysis of the One Way Anova test showed significant differences ( $p = 0.034$ ) between treatment groups. LSD test, Group 1 and Group 2 were lower ( $p = 0.046$ ), group 2 and Group 3 were higher ( $p = 0.003$ ), group 2 and group 4 were higher ( $p = 0.019$ ). Conclusion the effect of trained exercise reduces erythrocyte levels.

Keywords: *exercise, trained, untrained, erythrocytes*

### Abstrak

Olah raga sesuai kapasitas tubuh dapat meningkatkan fungsi eritrosit, namun olah raga terkadang menyebabkan anemia semu. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh olahraga terlatih dan tidak terlatih terhadap kadar eritrosit darah mencit putih. Penelitian eksperimental dengan rancangan acak dengan post test control group. Dua puluh lima ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar dibagi menjadi lima kelompok. Kelompok 1: tidak mendapat perlakuan, kelompok 2: terlatih, tanpa intervensi, kelompok 3: tidak terlatih, tanpa intervensi, kelompok 4: terlatih, dengan intervensi, kelompok 5: tidak terlatih, dengan intervensi. Hasil uji normalitas kadar eritrosit  $p < 0,05$  dan homogenitas  $p > 0,05$ . Analisis statistik uji One Way Anova menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p = 0,034$ ) antar kelompok perlakuan. Uji

LSD, Kelompok 1 dan kelompok 2 lebih rendah ( $p=0,046$ ), kelompok 2 dan kelompok 3 lebih tinggi ( $p=0,003$ ), kelompok 2 dan kelompok 4 lebih tinggi ( $p=0,019$ ). Kesimpulan latihan terlatih menurunkan kadar eritrosit.

Kata Kunci: latihan, terlatih, tidak terlatih, eritrosit

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang memudahkan kerja manusia mempunyai kelemahan, semakin canggih teknologi, semakin sedikit orang melakukan aktivitas fisik dan berolahraga. (Laeto *et al.*, 2019). Olahraga perlu disesuaikan dengan batas toleransi tubuh. Tubuh tidak akan beradaptasi jika beban olahraga terlalu rendah, dan tidak mampu menahan beban olahraga yang terlalu tinggi, sehingga mengganggu homeostatis tubuh dengan akibat kerusakan sel (Lin *et al.*, 2021)

Secara umum diketahui bahwa latihan akut dan kronis menyebabkan beberapa perubahan hematologi pada manusia. Perubahan hematologi yang akibat olahraga tergantung pada jenis, intensitas dan durasi latihan. Selain itu, beberapa faktor seperti jenis kelamin, usia, kondisi lingkungan dan status gizi ikut berperan penting. Telah dilaporkan bahwa olahraga akut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat reologi darah, karakteristik rheologi darah, mengakibatkan penurunan laju sedimentasi, peningkatan viskositas plasma dan kekakuan eritrosit (Belviralni *et al.*, 2017). Olahraga yang melelahkan dapat menyebabkan perubahan komponen darah, termasuk jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin (Zhou *et al.*, 2019 ). Orang sering berolahraga hingga benar-benar kelelahan karena tidak mengetahui jenis dan lamanya olahraga yang tepat (Awotidebe *et al.*, 2014).

Olahraga teratur berguna mempertahankan tingkat eritrosit normal bagi kesehatan secara keseluruhan. Eritrosit memiliki bentuk yang elastis dan dapat berubah bentuk untuk beradaptasi saat mengalir melalui kapiler darah kecil, sehingga dengan cepat menyebar dalam aliran darah hingga mencapai berbagai organ dalam tubuh. Fungsi utama eritrosit adalah sebagai alat transportasi oksigen dan pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Mempertahankan tingkat eritrosit normal sangat penting untuk kesehatan secara keseluruhan. Olahraga teratur, pola makan yang teratur, dan istirahat yang cukup berperan penting dalam mengatur

kadar eritrosit, terutama pada atlet. Tingkat eritrosit yang tinggi dan rendah dapat mengindikasikan masalah kesehatan (Belviralni *et al.*, 2017)

Atlet yang rutin berolahraga mengalami peningkatan metabolisme tubuh, khususnya pada otot rangka, untuk memenuhi kebutuhan energi dalam aktivitas fisik. Atlet yang mengikuti program latihan intensif dilaporkan mengalami penurunan nilai hemoglobin dan hematokrit dan situasi ini dikenal sebagai anemia atlet. Secara umum menunjukkan bahwa latihan submaksimal akut meningkatkan jumlah eritrosit, leukosit dan trombosit, nilai hematokrit dan konsentrasi hemoglobin secara signifikan dibandingkan sebelum latihan dan peningkatan ini tergantung pada kehilangan plasma yang disebabkan oleh latihan. Situasi ini tidak dapat dijelaskan hanya dengan mekanisme hemokonsentrasi saja Eritrosit. (Belviralni *et al.*, 2017).

Berdasarkan uraian di atas, kadar eritrosit tubuh dapat menurun saat melakukan olahraga. Dari latar belakang tersebut, maka akan akan diteliti pengaruh latihan terlatih dan tidak terlatih terhadap kadar eritrosit darah tikus putih.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan metode *post- test only control group design* dengan menggunakan tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) galur Wistar. Penelitian telah mendapatkan persetujuan dari tim etik FK Universitas Hang Tuah Surabaya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Surabaya selama 1 bulan (1 minggu adaptasi, 2 minggu perlakuan, dan 3 hari istirahat). Penghitungan sampel hewan coba menggunakan rumus Federer dengan jumlah kelompok perlakuan 5 kelompok, dan diperoleh jumlah sampel tiap kelompok adalah 5 ekor hewan coba. Total sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25 ekor tikus (Federer, 1991). Perhitungan besar sampel dihitung dengan rumus Federer sebagai berikut:

$$(t-1)(n-1) \geq 15$$

$$n \geq 4,75 \sim 5 \text{ ekor tikus}$$

Keterangan :

t : Jumlah kelompok uji ( 5 kelompok )

n : Besar sampel per kelompok

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur wistar, sehat, berusia 2 bulan dengan berat badan 180-200 gram. (Guerreiro *et.al.*, 2015) Langkah awal adalah dengan membagi tikus menjadi 5 kelompok secara acak. Keterangan kelompok yang digunakan dalam penelitian ini:

- K1 : kelompok kontrol
- K2 : kelompok terlatih, tanpa intervensi
- K3 : kelompok tidak terlatih, tanpa intervensi
- K4 : kelompok terlatih, dengan intervensi
- K5 : kelompok tidak terlatih, dengan intervensi

Prosedur penelitian dan pengumpulan data akan dilakukan sebagai berikut:

1. Tahap persiapan hewan coba: dimulai dengan memilih tikus yang sesuai dengan kriteria kemudian dilakukan adaptasi terhadap lingkungan laboratorium selama 7- 14 hari, disertai pemberian pakan dan air minum. Hewan coba dipilih secara acak dan dikelompokkan dalam 5 kelompok (K1-K5), tiap kelompok diletakkan dalam kandang terpisah dan diberi label.
2. Pelaksanaan kelompok kontrol (K1): tikus pada kelompok ini tidak diberi perlakuan dan hanya dibiarkan di dalam kandang selama proses penelitian. Kelompok 2, 3, 4, 5 dilatih renang dengan intensitas sedang dengan durasi renang selama  $\pm 45$  menit. ( Permatasari *et al.*, 2021; Prasetya *et.al.*, 2017).
3. Kelompok 2 dan 4 dilatih renang 3 kali dalam seminggu selama 2 minggu dengan durasi renang selama  $\pm 45$  menit .
4. Kelompok 3 dan 5 dilatih renang 1 kali seminggu selama 2 minggu dengan durasi renang selama  $\pm 45$  menit.
5. Kelompok 2, 3, 4, 5 diberikan waktu istirahat 3 hari.
6. Setelah pemulihan, kelompok perlakuan K2 dan K3 diambil darah intrakardial tanpa direnangkan segera diambil darah. Kelompok K4 dan K5 di intervensi dengan cara direnangkan kembali selama 45 menit kemudian diambil darah intrakardial.
7. Pengambilan darah tikus: dimulai dengan pembiusan dengan ketamin. Tikus yang sudah dibius diletakkan pada lempeng logam untuk dilakukan pembedahan. Pembedahan dilakukan dengan alat bedah yang dimulai dengan

membuka kulit sampai otot mulai dari daerah epigastrium sampai terlihat jantung tikus. Darah diambil sebanyak  $\pm 2$  ml dari ventrikel dengan menggunakan spuit 3 ml.. Darah yang sudah diambil dimasukkan dalam tabung EDTA dan digoyangkan supaya darah tercampur dengan EDTA. Tikus kemudian diterminasi dengan cara eksanguinasi. (Khairani et al., 2024; BPOM, 2022)

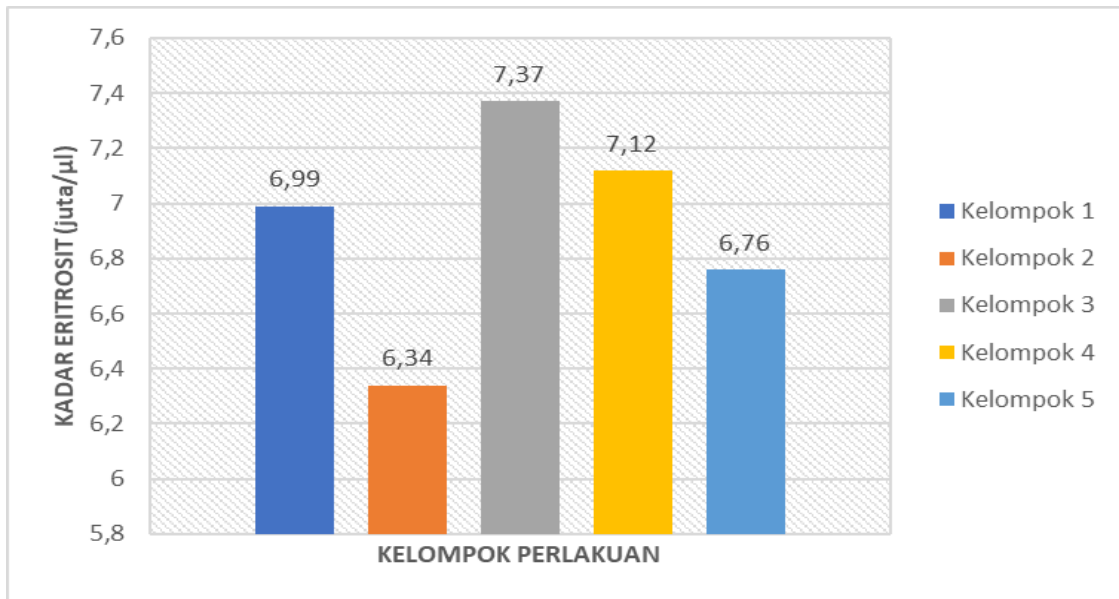
8. Pemeriksaan kadar eritrosit: darah yang telah dicampur EDTA dimasukkan dalam *hematology analyzer* untuk mengetahui kadar eritrosit dari keseluruhan eritrosit dalam darah (Purnomo, 2011 )

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan software SPSS. Uji normalitas data menggunakan uji Saphiro Wilk. dilanjutkan menggunakan uji One Way ANOVA

## HASIL PENELITIAN

Hasil kadar eritrosit setelah diukur dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1 Hasil pemeriksaan kadar eritrosit



Keterangan:

K1 : Kelompok tidak diberi perlakuan

K2 : Kelompok terlatih, tanpa intervensi

K3 : Kelompok tidak terlatih, tanpa intervensi

K4 : Kelompok terlatih, dengan intervensi

K5: Kelompok tidak terlatih, dengan intervensi

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk berdistribusi normal. Hasil uji Homogenitas kadar eritrosit adalah signifikansi 0,685 (lebih besar dari 0,05), maka asumsi homogenitas terpenuhi. Berdasarkan hasil uji one way anova pada diperoleh nilai signifikansi  $p = 0,034$  ( $p > 0,05$ ) yang berarti terdapat perbedaan pengaruh latihan terhadap eritrosit tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur wistar.

Tabel 2 Hasil uji LSD

No	KELOMPOK	KELOMPOK	Mean Diff	Sig.
1	K1	K2	,65400*	0,046
		K3	-0,374	0,237
		K4	-0,13	0,677
		K5	0,234	0,455
2	K2	K3	-1,02800*	0,003
		K4	-,78400*	0,019
		K5	-0,42	0,187
3	K3	K4	0,244	0,436
		K5	0,608	0,062
4	K4	K5	0,364	0,25

Berdasarkan hasil uji antar kelompok pada tabel 5 pada penelitian ini menunjukkan kelompok K1 dan K2 signifikan dengan nilai 0,046, kelompok K1 dan kelompok K3 tidak signifikan ( 0,273), kelompok K2 dan kelompok K3 signifikan dengan nilai 0,003, kelompok K2 dan kelompok K4 signifikan dengan nilai 0,019.

## PEMBAHASAN

Penelitian ini memeriksa pengaruh intensitas terlatih dan tidak terlatih terhadap kadar eritrosit darah hewan coba. Pada penelitian ini dihasilkan data kadar eritrosit yang sangat bervariasi pada setiap kelompok sesuai dengan hasil penelitian Damian

*et al.*, 2021. Pada Kelompok K1, K2 dan K3 menunjukkan bahwa kelompok terlatih (K2) kadar eritrosit menurun. Hal ini diduga akibat kerusakan eritrosit saat latihan yang intensif (Lippi *et al.*, 2019, Pospieszna *et al.*, 2021, Zenitalia *et.al.*, 2018) atau terjadinya peningkatan volume plasma saat latihan (Hu *et al.*, 2013., Mairbäurl, 2013., Daniel *et al.*, 2020 ) Pada penelitian ini tikus yang direnangkan sebanyak 1 kali seminggu selama 2 minggu (K3) kadar eritrosit sama dengan kelompok normal menunjukkan bahwa latihan yang tidak maksimal tidak merubah kadar eritrosit.

Saat berolahraga, sistem kardiovaskular harus menjamin semua kebutuhan otot yang bekerja salah satunya eritrosit. Fungsi utama eritrosit adalah mengangkut O<sub>2</sub> dari paru-paru ke jaringan dan mengantarkan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan secara metabolik ke paru-paru untuk diekspirasi. Eritrosit dalam sirkulasi berperan terhadap kapasitas buffering darah, pelepasan ATP dan NO dari eritrosit berkontribusi terhadap vasodilatasi sehingga terjadi peningkatan aliran darah ke otot saat bekerja. Atlet yang terlatih, khususnya dalam olahraga ketahanan, mengalami penurunan hematokrit. Penurunan hematokrit akibat latihan disebabkan oleh peningkatan volume plasma, kadang disebut dengan istilah "*sports anemia*." Secara klinis, ini bukanlah anemia, karena atlet sebenarnya memiliki jumlah total eritrosit dan hemoglobin yang lebih tinggi dalam sirkulasi dibandingkan rata-rata orang yang tidak banyak bergerak (Hu *et al.*, 2013., Mairbäurl, 2013., Daniel *et al.*, 2020 ), hal ini sesuai dengan perbandingan K4 dan K5, kadar eritrosit lebih tinggi pada kelompok terlatih yang diintervensi. Menurut Lippi, *et.al.*, 2019, hemolisis akibat olahraga mengacu pada pecahnya dan penghancuran eritrosit selama latihan fisik. Hemolisis yang disebabkan oleh olahraga dalam jumlah besar merupakan hal yang lumrah.

Pada kondisi normal eritrosit mempunyai umur sekitar 120 hari, namun laju penuaan dapat meningkat selama pelatihan intensif. Kekurangan eritrosit jarang terjadi pada atlet. Sebagian besar peneliti mengukur indeks hemolisis (misalnya, hemoglobin plasma atau haptoglobin kini beralih ke indeks seluler (seperti penurunan antioksidan, atau kerusakan protein atau lipid) yang mungkin lebih menunjukkan kerusakan akibat olahraga. Eritrosit sangat rentan terhadap tekanan mekanis, stress oksidatif dan perubahan pH akibat peningkatan asam laktat, Eritrosit rentan terhadap kerusakan oksidatif karena paparan oksigen yang terus menerus dan peningkatan

konsentrasi asam lemak tak jenuh ganda. Peningkatan asam laktat berpengaruh langsung terhadap tingkat peroksidasi lipid plasma yang menghambat sistem pertahanan enzimatik antioksidan eritrosit (Petibois *et al.*, 2005). Stres oksidatif mungkin sebanding dengan penggunaan oksigen, saat berolahraga antioksidan otot, hati, dan eritrosit dapat terkuras. Kerusakan oksidatif pada eritrosit juga dapat mengganggu homeostasis ionik dan memfasilitasi dehidrasi sel. Perubahan ini mengganggu deformabilitas eritrosit yang pada gilirannya dapat menghambat perjalanan eritrosit melalui mikrosirkulasi. Tingkat produksi eritrosit diharapkan lebih tinggi daripada penghancuran eritrosit supaya tidak terjadi efek merugikan terhadap kinerja atlet. Peningkatan laju pergantian eritrosit mungkin bermanfaat karena sel-sel muda lebih efisien dalam mengangkut oksigen. (Smith *et al.*, 1995)

Pospieszna *et.al* , 2021., meneliti perbedaan energi eritrosit dan efisiensi metabolisme pada kelompok atletik menunjukkan konsentrasi ATP dan nilai TAN, AEC, ATP/ADP, dan ADP/AMP yang lebih tinggi, namun konsentrasi ADP dan AMP lebih rendah dibandingkan dengan peserta yang tidak terlatih, tanpa memandang usia. Dengan bertambahnya usia, perlindungan antioksidan alami eritrosit yang berasal dari enzimatik dan non-enzimatik, yang seharusnya melawan munculnya spesies oksigen reaktif, menjadi kurang efektif. Hal ini juga sesuai dengan perbandingan kelompok K4 dan K5.

Meskipun olahraga dapat meningkatkan produksi eritrosit, olahraga ketahanan jangka panjang juga berpotensi merusak eritrosit akibat oksidasi. Hal ini sesuai perbandingan kelompok K2 dan K3. Eritrosit, yang terpapar oksigen dalam jumlah besar saat berolahraga, mungkin akan rusak lebih cepat. Deformabilitas eritrosit meningkat seiring bertambahnya usia eritrosit (Pospieszna *et.al* , 2021).

Stres oksidatif juga merupakan faktor penting terkait dengan penurunan stabilitas membran, meningkatkan permeabilitas dan mengurangi fluiditas eritrosit. Eritrosit tidak memiliki inti sehingga kapasitas pertahanan antioksidan dan eliminasi kerusakan menjadi terbatas. Eritrosit dapat mempertahankan fungsinya dengan cara menghilangkan protein yang teroksidasi dan rusak melalui pelepasan membran dan vesikulasi. Kehilangan cairan eritrosit secara proporsional lebih besar daripada kehilangan protein sehingga volume eritrosit menurun dan kepadatan eritrosit



meningkat terlebih seiring bertambahnya usia. (Daniel *et al.*, 2020). Blebbing membran eritrosit sering terjadi pada sel yang teraktivasi, apoptosis, dan menua. Dalam sel darah merah, proses ini menyebabkan hilangnya asimetri membran melalui eksternalisasi dan pelepasan mikropartikel turunan sel darah merah yang juga disebut mikrovesikel. Pelepasan mikrovesikel juga meningkat pada kondisi inflamasi (Gillespie *et al.*, 2021) Selain menghilangkan komponen sel eritrosit yang tidak berfungsi, sisa mikropartikel fungsional eritrosit diharapkan masih mampu berperan dalam komunikasi sel ke sel dan dalam induksi adaptasi melalui stimulasi internal dan eksternal, seperti olahraga. (Daniel *et al.*, 2020)

Kelompok terlatih dengan intervensi (K4) kadar eritrosit lebih tinggi dibanding kelompok terlatih tanpa intervensi (K2). Hal ini menimbulkan dugaan kadar eritrosit pada kelompok latihan intensif kemudian diintervensi mengakibatkan, suplai oksigen lebih optimal sehingga derajat stress oksidatif dapat dikurangi saat diberi stressor mendadak. (Smith *et al.*, 1995). Ketersediaan energi yang dibutuhkan pada aktivitas aerobik lebih besar dibandingkan dengan aktivitas anaerobik. Olahraga berat dapat menyebabkan perubahan jumlah eritrosit, sebagai respon tubuh terhadap peningkatan kebutuhan oksigen yang diangkut oleh eritrosit. Profil eritrosit, penuaan eritrosit, deformabilitas eritrosit pada non atlet relatif sama. Pada atlet profil eritrosit menunjukkan peningkatan pergantian sel darah merah ( penurunan masa hidup sel darah merah (65-75 hari) ), peningkatan jumlah sel darah merah muda, (Daniel *et al.*, 2020). Mengangkut oksigen ke sel dan jaringan dan mengembalikan karbon dioksida dari sel dan jaringan yang sama ke paru-paru adalah peran utama sel eritrosit. Fleksibilitas dan bikonkavitas eritrosit memudahkan eritrosit mengalir melalui kapiler dan mikrosirkulasi berdiameter 3,5  $\mu$  dengan mudah (Yunus, 2020). Disisi lain pelatihan fisik berlebih menurunkan jumlah *Hematopoietic Stem Cells* (HSCs) dibandingkan pelatihan fisik seimbang. (Zenitalia *et al.*, 2018). Eritrosit yang cukup dalam tubuh mampu membawa oksigen lebih banyak sehingga energi yang dihasilkan tubuh saat berolahraga pun lebih besar. Olahraga akut dan kronis dapat mempengaruhi stabilitas membran eritrosit. melawan lisis. Sebuah studi pada perenang pria menemukan bahwa olahraga akut dan kronis berdampak pada stabilitas membran eritrosit dan berbagai indeks darah Olah raga yang berlebihan

dan tidak teratur menyebabkan peningkatan kerapuhan osmotik eritrosit sehingga mengakibatkan penurunan jumlah eritrosit. (Paraiso *et al.*, 2017., Berviranli *et al.*, 2017). Latihan fisik hingga hipoksia menginduksi stres oksidatif berlebihan dan dapat menyebabkan eritrositosis dan perubahan muatan permukaan, sedangkan paparan hipoksia kronis dapat meningkatkan afinitas eritrosit terhadap fibrinogen selain itu setelah aktivitas fisik, kadar eritrosit menurun karena mekanisme apoptosis. (Brun *et al.*, 2022, Lin *et al.*, 2021). Pada Latihan Endurance selama 6 minggu terjadi peningkatan pembentukan sel darah merah baru dengan deformabilitas lebih tinggi. Latihan aerobik menyebabkan adaptasi dalam proporsi penuaan sel darah merah (Daniel *et al.*, 2020)

Disisi lain saat olahraga kemungkinan terjadi hipoksia akan memicu respon peningkatan produksi eritropoietin (EPO) tergantung pada durasi paparan dan tingkat hipoksia. Penurunan suplai dan peningkatan kebutuhan oksigen secara bersamaan meningkatkan hipoksemia. Kejadian tersebut, sebagai pemicu proses peningkatan sekresi EPO yang dimediasi oleh hipoksia-inducible factor-1 (HIF-1), di ginjal dan hati. (Yunus, 2020) Meskipun kadar EPO plasma meningkat, paparan ROS yang berlebihan dan berulang-ulang dapat memicu eritrositosis atau neositolisis, sehingga mengimbangi proses meningkatnya eritropoiesis (Lin *et al.*, 2021). Kondisi hipoksia parah atau olahraga akut dapat meningkatkan faktor proinflamasi, seperti MPO, TNF- $\alpha$ , IL-1, atau IL-6. Status ini dapat menghambat respon EPO dan adaptasi hematologi. (Morceau *et al.*, 2009) Proses produksi eritrosit, dapat dipengaruhi oleh faktor hormonal yang berubah saat berolahraga. Androgen, seperti testosteron, mempunyai efek stimulasi pada eritropoiesis dengan merangsang pelepasan eritropoietin (EPO), meningkatkan aktivitas sumsum tulang, dan mendorong penggabungan zat besi ke dalam eritrosit. (Mairbäurl, 2013)

Paparan hipoksia intermiten, pada olahraga akut, dapat meningkatkan status inflamasi yang memicu peningkatan agregasi eritrosit. Latihan fisik hingga hipoksia merusak fungsi rheologi eritrosit dengan meningkatkan afinitas eritrosit terhadap fibrinogen, mempercepat penuaan eritrosit dan menurunkan tingkat pergantian eritrosit. Agregasi eritrosit patologis mengurangi tingkat perfusi oksigen di kapiler dan transfer oksigen ke jaringan. Agregasi ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti

muatan permukaan negatif pada membran eritrosit (agregasi intrinsik) dan interaksi fibrinogen-eritrosit (faktor ekstrinsik). ( Morceau, *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2021)

Latihan fisik dapat menimbulkan berbagai efek pada eritrosit, termasuk stres oksidatif, perubahan penuaan eritrosit dan sifat pengikatan oksigen hemoglobin, serta perubahan kapasitas antioksidan. Olahraga dapat menyebabkan beberapa kerusakan pada eritrosit namun tubuh memiliki mekanisme untuk membersihkan sel-sel yang rusak dan mempertahankan jumlah fisiologis eritrosit. Parameter hematologi dapat berbeda antara atlet dan non atlet. Pelatihan olahraga dapat berdampak positif atau negatif pada munculnya metabolit, enzim dan variable hematologi yang berkaitan dengan beban pelatihan, jenis dan usia permulaan dilatih.(Damian *et al.*, 2021)

## **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian pengaruh latihan terlatih dan tidak terlatih terhadap kadar eritrosit darah tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur wistar dapat disimpulkan terbukti ada perbedaan bermakna kadar eritrosit darah pada tikus terlatih dan tidak terlatih, yaitu terjadi penurunan kadar eritrosit pada kelompok terlatih. Olahraga harus sesuai dengan kemampuan tubuh sehingga diperoleh hasil yang maksimal untuk kesehatan. Penelitian ini harus lebih dikembangkan untuk mendapatkan data yang lebih baik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Awotidebe, T. O., Rufus, A., & Victor, O. 2014. Knowledge, Attitude, and Practice of Exercise for Blood Pressure Control: A Cross-Sectional Study. *Journal of Exercise Science & Physiotherapy*, 10,1, 1-10
- Belviralni, M., Okudan, N., Kabak, B. 2017. The effect of acute high-intensity interval training on hematology parameters in sedentary subjects. *Medical Science*, 5,3, 8-15.
- Brun J-F, Varlet-Marie E, Myzia J, Raynaud de Mauverger E, Pretorius E, 2022. Metabolic Influences Modulating Erythrocyte Deformability and Eryptosis. *Metabolites*,12,1, 4.
- BPOM, 2022. Pedoman Uji Toksisitas Pratiklinik Secara In Vivo. <https://standar-otskk.pom.go.id/kegiatan/perbpom-no-10-tahun-2022>

- Damian, M.-T.; Vulturar, R.; Login, C.C.; Damian, L.; Chis, A.; Bojan, A., 2021. Anemia in Sports: A Narrative Review. *Life*, 11, 987.
- Daniel A. Bizjak, Fabian Tomschi, Gunnar Bales, Elie Nader, Marc Romana, Philippe Connes, Wilhelm Bloch, Marijke Grau, 2020 Does endurance training improve red blood cell aging and hemorheology in moderate-trained healthy individuals?' *Journal of Sport and Health Science*, 9, 6, 595-603.
- Gillespie AH, Doctor A., 2021; Red Blood Cell Contribution to Hemostasis. *Front Pediatrics*, Apr 1,9, 629824.
- Guerreiro, L.F., Pereira, A.A., Martins, C.N., Wally, C. & Goncalves, C.A.N., 2015. Swimming Physical Training in Rats: Cardiovascular Adaptation to Exercise Training Protocols at Different Intensities, *Journal of Physiology*, 8,1,1-12.
- Hu, Min *et al.*, 2012. Effects of Exercise Training on Red Blood Cell Production: Implications for Anemia, *Acta Haematologica*. 127, 156-164.
- Khairani, Dina, Ilyas, Syafruddin & Midoen, Yurnadi. 2024. Prinsip dan Praktik Hewan Percobaan Mencit (*Mus musculus*). *USUpress*.
- Laeto, A. bin, Natsir, R., and Arsyad, M. A. 2019. Perbedaan Total Eritrosit dan Hitung Jenis Eritrosit Dewasa Muda Pasca Olahraga Intensitas Sedang. *Seminar Nasional Keperawatan: Penguatan keluarga sebagai support system terhadap tumbuh kembang anak dengan kasus paliatif*
- Lippi G, Sanchis-Gomar F., 2019, Epidemiological, biological and clinical update on exercise-induced hemolysis, *Annals of Translational Medicine*, 7,12, 270.
- Lin, Chin-Li, Jong-Shyan Wang, Tieh-Cheng Fu, Chih-Chin Hsu, and Yu-Chieh Huang, 2021. "Hypoxic Exercise Training Elevates Erythrocyte Aggregation" *Applied Sciences*, 11, 13, 6038.
- Mairbäurl H, 2013. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Front Physiology*, 12, 4, 332.
- Morceau, F.; Dicato, M.; Diederich, M., 2009, Pro-Inflammatory Cytokine-Mediated Anemia: Regarding Molecular Mechanisms of Erythropoiesis. *Mediator Inflammation*, 405016
- Paraiso LF, Gonçalves-e-Oliveira AFM, Cunha LM, de Almeida Neto OP, Pacheco AG, Araújo KBG, et al. 2017. Effects of acute and chronic exercise on the osmotic stability of erythrocyte membrane of competitive swimmers. *PLoS ONE* 12, 2, e0171318.
- Petibois C, Déléris, G., 2005, Erythrocyte Adaptation to Oxidative Stress in Endurance Training., *Archives of Medical Research*, 36, 5, 524-531.

- Prasetya, R. E., Umijati, S., & Rejeki, P. 2018. Effect of Moderate Intensity Exercise on Body Weight and Blood Estrogen Level Ovariectomized Mice. *Majalah Kedokteran Bandung*, 50, 3, 147–151.
- Pospieszna, B., Kusy, K., Slominska, E.M. *et al.*, 2021, Life-long sports engagement enhances adult erythrocyte adenylate energetics. *Scientific Report*,11, 23759.
- Purnomo M, 2011, Asam Laktat dan Aktivitas SOD Eritrosit pada Fase Pemulihan Setelah Latihan Submaksimal, *Jurnal Media Ilmu Keolahragaan Indonesia* 1, 2, 2011.
- Smith JA., 1995 Exercise, training, and red blood cell turnover. *Sports Med.* 1995 Jan;19(1):9-31.
- Yunus Moch. 2020, The Effect of Moderate Intensity Aerobic Training on MDA Level, Osmotic Fragility, and Erythrocyte Amount, Proceedings of the 3rd International Conference on Sports Sciences and Health. *Atlantis Press*
- Zenitalia, Pangkahila A, Pangkahila W, Siswanto, 2018. Pelatihan Fisik Berlebih Menurunkan Jumlah Hematopoietic Stem Cells (HSCs) Dibandingkan Pelatihan Fisik Seimbang pada Tikus (*Rattus norvegicus*) Wistar Jantan, *Jurnal Biomedik : JBM*, 10, 1.
- Zhou, W., Zeng, G., Lyu, C., Kou, F., Zhang, S., and Wei, H. 2019. The Effect of Exhaustive on Plasma Metabolic Profiles of Male and Female Rats. *Journal of Sport Science and Medicine*, 18,1, 253-263.