

HALAMAN PENGESAHAN NASKAH PUBLIKASI KTI

**PENGARUH OLAHRAGA TERHADAP JUMLAH ERITROSIT
DAN KADAR HEMOGLOBIN PADA SISWA SD
DI DAERAH ENDEMIK GAKI**

Disusun oleh:

IRA SAFIRA
20140310152

Telah disetujui dan diseminarkan pada tanggal 23 April 2018

Dosen Pembimbing



Dr. S. N. Nurul Makiyah, S.Si., M.Kes.

NIK: 19690804 199409 173 005

Dosen Penguji



Dra. Idiani Darmawati, M.Sc.

NIK: 19600921 199103 2 001

Mengetahui

Kaprodi Pendidikan Dokter

Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Dr. dr. Sri Sundari, M.Kes.

NIK: 19670513 199609 173 019

Dekan

Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Dr. dr. Wiwik Kusumawati, M.Kes.

NIK: 19660527 199609 173 018

*The Effect of Exercise on Erythrocyte Counts and Hemoglobin Levels
in Primary School Students in IDD Endemic Areas*

**PENGARUH OLAHRAGA TERHADAP JUMLAH ERITROSIT DAN
KADAR HEMOGLOBIN PADA SISWA SD
DI DAERAH ENDEMIK GAKI**

Ira Safira

Mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UMY

ABSTRACT

Background: *Iodium Deficiency Disorder (IDD) is still one of the problems in Indonesia. This disorder is often associated with anemia, which is marked by a decrease in erythrocyte counts (AE) and hemoglobin (Hb). One way to increase AE and Hb is by exercising. This study was conducted to examine the differences in AE and Hb in primary school students in IDD endemic areas.*

Methods: *The quasi experimental study with pretest posttest group design uses 32 intervention group samples and 17 control group samples. The intervention group exercised 5x/week for 6 weeks. Subjects are children born and living in IDD endemic areas from birth, aged 6-12 years, and willing to be a research respondent. Blood samples from both groups were assessed for AE and Hb before and after exercise at Laboratory of PKU Muhammadiyah Gamping. AE and Hb was analyzed using Paired Samples T-Test for normal distributed data and Wilcoxon for abnormally distributed data. The relationship between AE and Hb was analyzed using Pearson product moment.*

Results: *There was an increase in AE after treatment which was not significant in the intervention group ($p=0.601$) and control group ($p=0.587$). Hb were significantly increased in the intervention group ($p=0.001$) and not significant in the control group ($p=0.071$). There is a very strong relationship between the increase of AE and Hb ($r = 0.798$; $p = 0,000$).*

Conclusion: *Exercise may increase erythrocytes counts and hemoglobin levels in primary school students in IDD endemic areas.*

Keyword: *exercise, erythrocyte counts, hemoglobin levels, IDD endemic*

INTISARI

Latar belakang: Gangguan Akibat Kekurangan Iodium (GAKI) masih menjadi salah satu permasalahan di Indonesia. Gangguan ini sering berkaitan dengan anemia, yang ditandai dengan menurunnya jumlah eritrosit dan hemoglobin. Salah satu cara untuk meningkatkan jumlah eritrosit (AE) dan kadar hemoglobin (Hb) adalah dengan berolahraga. Studi ini dilakukan untuk melihat pengaruh olahraga terhadap jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada siswa SD di daerah endemik GAKI.

Metode: Penelitian kuasi eksperimental dengan *pretest posttest group design* menggunakan 32 sampel kelompok intervensi dan 17 sampel kelompok kontrol. Kelompok intervensi melakukan olahraga 5x/minggu selama 6 minggu. Subjek merupakan anak yang lahir dan tinggal di daerah endemik GAKI sejak lahir, berumur 6-12 tahun, dan bersedia menjadi responden penelitian. Sampel darah dari kedua kelompok dinilai AE dan Hb sebelum dan sesudah olahraga di Laboratorium PKU Muhammadiyah Gamping. Data AE dan Hb dianalisis menggunakan *Paired Samples T-Test* untuk data berdistribusi normal dan Wilcoxon untuk data berdistribusi tidak normal. Hubungan antara AE dan Hb dianalisis menggunakan *product moment Pearson*.

Hasil: Terdapat peningkatan AE sesudah perlakuan secara tidak signifikan pada kelompok intervensi ($p=0,601$) dan kontrol ($p=0,587$). Terjadi peningkatan Hb pada kelompok intervensi secara signifikan ($p=0,001$) dan kelompok kontrol secara tidak signifikan ($p=0,071$). Terdapat hubungan sangat kuat antara peningkatan AE dengan Hb ($r=0,798$; $p=0,000$).

Kesimpulan: Olahraga dapat meningkatkan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada siswa SD di daerah endemik GAKI.

Kata kunci: olahraga, jumlah eritrosit, kadar hemoglobin, endemik GAKI

Pendahuluan

Gangguan Akibat Kekurangan Iodium (GAKI) masih menjadi salah satu permasalahan di Indonesia. Secara nasional terdapat 77,1% rumah tangga mengonsumsi garam dengan kandungan cukup iodium¹, sedangkan target *Universal Salt Iodization* adalah 90%². Hal ini menunjukkan rentannya masyarakat memiliki gangguan hipotiroid.

Gangguan hipotiroid tidak hanya terjadi karena kekurangan iodium, iodium yang lebih dari cukup atau berlebihan tidak aman dan dapat menyebabkan hipotiroid dan tiroiditis autoimun³, terutama pada populasi rentan—yang salah satunya adalah anak usia 6-12 tahun⁴.

Disfungsi tiroid sering berkaitan dengan anemia pada hipotiroidisme subklinis dan

hipotiroidisme primer⁵. Salah satu indikator anemia adalah turunnya jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin. Anemia karena faktor penyakit lain seperti ini akan membaik jika penyakit yang mendasari sudah tertangani. Jika perbaikan tersebut tidak memungkinkan, tatalaksana yang diberikan dapat berupa transfusi darah dan eritropoietin (EPO)⁶.

Salah satu cara lain untuk meningkatkan jumlah eritrosit adalah berolahraga. Peningkatan jumlah eritrosit yang signifikan pada kelompok mendapatkan *training* olahraga aerobik dibandingkan kelompok yang tidak mendapatkan *training*⁷, begitu pula pada tikus malnutrisi maupun tidak⁸. Selain itu, olahraga merupakan aktivitas yang mudah dilakukan siapa saja, murah, dan tidak memiliki efek samping.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan uji efek olahraga terhadap jumlah eritrosit pada anak-anak usia sekolah dasar di daerah endemik GAKI.

Bahan dan Cara

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimental dengan *pretest posttest group design*. Populasi penelitian ini adalah penduduk daerah endemik GAKI. Sampel penelitian ini adalah anak sekolah dasar usia 6-12 tahun di daerah endemik GAKI Samigaluh Kulon Progo, DIY yang menyetujui untuk mengikuti penelitian serta memenuhi kriteria inklusi dan kriteria eksklusi. Pemilihan sampel dilakukan menggunakan *non probability sampling* dengan metode *purposive sampling*. Jumlah responden

yang dipilih adalah 32 siswa SD Negeri Tukharjo sebagai kelompok intervensi dan 17 siswa SD Negeri Purwoharjo sebagai kelompok kontrol.

Variabel terikat (*dependent variable*) dalam penelitian ini, yaitu jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin. Variabel bebas (*independent variable*) dalam penelitian ini, yaitu olahraga dengan permainan anak-anak berdurasi 20-30 menit yang dilakukan lima kali per minggu selama enam minggu.

Penelitian ini dilakukan dengan cara pengambilan sampel darah pada siswa SD di Samigaluh sebelum dilakukan perlakuan dan setelah perlakuan, baik kelompok intervensi maupun kontrol. Semua sampel darah diperiksa jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin di Laboratorium PKU Muhammadiyah Gamping.

Sebelum dilakukan pengambilan sampel darah, wali siswa diberi penjelasan mengenai penelitian dan *informed consent*. Kemudian dilakukan pengisian kuesioner dan setelah itu pengambilan darah vena terhadap responden yang dilakukan oleh pihak PKU Muhammadiyah Gamping. Kemudian perlakuan olahraga dengan permainan anak-anak selama 20-30 menit pada jam istirahat sekolah dilakukan lima kali per minggu selama enam minggu terhadap kelompok intervensi. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel darah vena kelompok intervensi dan kelompok kontrol di minggu ke-7.

Analisis dilakukan untuk mengetahui perbedaan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan, baik

pada kelompok intervensi maupun kontrol. Uji statistik yang digunakan untuk menganalisa data, yaitu *Paired Samples T-Test* untuk data berdistribusi normal dan Wilcoxon untuk data berdistribusi tidak normal dengan menggunakan perangkat lunak komputer program SPSS versi 15.0.

Hasil Penelitian

Karakteristik responden pada kelompok intervensi dan kelompok kontrol dianalisis untuk mengetahui karakteristik antara kedua kelompok tersebut sama atau berbeda. Hasil uji statistik karakteristik responden penelitian memperlihatkan bahwa tidak ada perbedaan karakteristik antara kelompok kontrol dan intervensi ($p > 0,05$).

Tabel 1. Karakteristik Responden Penelitian Pengaruh Olahraga Terhadap Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin di SD Tukharjo dan SD Purwoharjo, Samigaluh

Karakteristik	Kelompok				<i>p-value*</i>
	Intervensi		Kontrol		
	N	%	N	%	
Umur (Mean ± SD)	10,25 ± 0,84		9,76 ± 0,75		0,054
Jenis Kelamin					
- Laki-laki	17	53,13	9	52,94	0,990
- Perempuan	15	46,87	8	47,06	
Siswa SD Kelas					
- III	0	0,00	2	11,76	0,112
- IV	8	25,00	4	23,53	
- V	11	34,37	8	47,06	
- VI	13	40,63	3	17,65	
Pekerjaan Orang Tua					
- Petani	22	68,75	9	52,94	0,235
- Polisi	2	6,25	0	0,00	
- PNS	1	3,13	1	5,88	
- Wiraswasta	5	15,62	6	35,29	
- Guru	2	6,25	0	0,00	
- Rumah tangga	0	0,00	1	5,88	
Jarah Rumah ke Sekolah					
- < 5 km	13	40,63	11	64,71	0,100
- 5-10 km	14	43,75	5	29,41	
- > 10 km	5	15,62	1	5,88	
Transportasi ke Sekolah					
- Jalan kaki	18	56,25	7	41,18	0,306
- Sepeda	11	3,13	1	5,88	
- Kendaraan bermotor	13	40,63	9	52,94	
Olahraga					
- Rutin	14	43,75	9	52,94	0,544
- Tidak	18	56,25	8	47,06	
Minum Susu					
- Rutin	15	46,87	12	70,59	0,116
- Tidak	17	53,13	5	29,41	
Makan Buah dan Sayur					
- Rutin	24	75,00	15	88,24	0,279
- Tidak	8	25,00	2	11,76	

*p-value diukur menggunakan Mann-Whitney

Tabel 2 menunjukkan mayoritas responden pada kelompok intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh memiliki kadar TSH normal. Selain diukur kadar TSH-nya, sampel darah yang mendapatkan hasil TSH > 4,0 mIU/L diukur kadar tiroksin bebasnya (FT₄). Pada semua sampel didapatkan hasil yang normal dengan rata-rata 1,75 ng/dL dengan rujukan nilai normal FT₄ pada anak-anak usia 6-12 tahun sebesar 1,3-2,4 ng/dL⁹.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kadar TSH Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh

Kategori	Frekuensi	%
Tinggi	4	12,5
Normal	28	87,5
Total	32	100,0

Nilai normal TSH: 0,4-4,5 mIU/L¹⁰

Hasil uji normalitas jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin kelompok kontrol dan kelompok intervensi pada siswa SD di Samigaluh

menunjukkan bahwa data *pretest* jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada kelompok intervensi dan data *pretest* maupun *posttest* kadar hemoglobin pada kelompok kontrol berdistribusi normal ($p > 0,05$). Data *pretest* jumlah eritrosit pada kelompok kontrol, data *posttest* jumlah eritrosit pada kelompok intervensi maupun kontrol, dan data *posttest* hemoglobin kelompok kontrol tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$).

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa data pada kelompok intervensi dan kelompok kontrol tidak berdistribusi secara normal sehingga selanjutnya akan dilakukan uji statistik menggunakan uji nonparametrik. Pada uji analisis perbedaan kadar hemoglobin sebelum dan sesudah perlakuan digunakan uji

parametrik karena data yang digunakan berdistribusi normal.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pada jumlah eritrosit pada kelompok intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh terdapat kenaikan rata-rata dari *pretest* ke *posttest* sejumlah 0,36 (6,96% dari rata-rata hasil *pretest*). Perbedaan tersebut diuji menggunakan uji Wilcoxon dan didapatkan perbedaan tersebut tidak signifikan ($p > 0,05$). Pada kelompok kontrol juga terdapat kenaikan rata-rata yang sangat kecil, yaitu 0,02. Setelah dilakukan uji beda menggunakan Wilcoxon, perbedaan tersebut juga terbukti tidak signifikan ($p > 0,05$).

Kadar hemoglobin pada kelompok kontrol dan intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh

juga mengalami kenaikan, masing-masing 1,20 dan 0,28. Perbedaan tersebut signifikan pada kelompok intervensi ($p < 0,05$) dan tidak signifikan pada kelompok kontrol ($p > 0,05$).

Pengujian korelasi antara jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan peningkatan pada kedua variabel tersebut. Pada pengujian ini digunakan selisih *pretest-posttest* jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin menggunakan uji korelasi Spearman karena data tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$). Hasil uji Spearman menunjukkan koefisien korelasi 0,798 ($p = 0,000$) yang berarti berhubungan sangat kuat.

Tabel 3. Uji Normalitas Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh

Pengukuran	Waktu	Kelompok	Rata-rata	<i>p-value</i> *
Jumlah Eritrosit	Pre	Intervensi	5,17	0,055
		Kontrol	5,26	0,019
	Post	Intervensi	5,41	0,000
		Kontrol	5,28	0,027
Kadar Hemoglobin	Pre	Intervensi	13,32	0,126
		Kontrol	13,88	0,618
	Post	Intervensi	14,52	0,000
		Kontrol	14,16	0,803

**p-value* diukur menggunakan uji normalitas Saphiro-Wilk

Tabel 4. Uji Beda *Posttest-Pretest* Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh

Pengukuran	Kelompok	Rata-rata ± SD		<i>p-value</i>
		<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	
Jumlah Eritrosit (n x 10 ⁶ /μL)	Intervensi ¹	5,17 ± 0,28	5,41 ± 1,51	0,601
	Kontrol ¹	5,26 ± 0,23	5,28 ± 0,27	0,587
Hemoglobin	Intervensi ¹	13,32 ± 0,98	14,52 ± 4,93	0,001*
	Kontrol ²	13,88 ± 0,58	14,16 ± 0,66	0,071

¹*p-value* diukur menggunakan uji Wilcoxon

²*p-value* diukur menggunakan *Paired Samples T-Test*

*Hasil signifikan ($p < 0,05$)

Pengujian hubungan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin dengan kadar TSH kelompok intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh bertujuan untuk

mengetahui ada tidaknya korelasi antara jumlah eritrosit dengan kadar TSH maupun kadar hemoglobin dengan kadar TSH. Variabel yang digunakan pada pengujian ini

adalah hasil *posttest* jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin dikarenakan pengambilan kadar TSH dilakukan bersamaan dengan *posttest*.

Hasil uji korelasi Spearman didapatkan hubungan yang tidak signifikan ($p > 0,05$), baik hubungan antara jumlah eritrosit dengan kadar TSH maupun kadar hemoglobin dengan kadar TSH. Pengujian hubungan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin dengan karakteristik responden penelitian pada siswa SD di Samigaluh bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antara hasil penelitian dengan karakteristik responden. Pada seluruh hasil uji korelasi menggunakan Spearman didapatkan hubungan yang tidak signifikan ($p > 0,05$) pada seluruh variabel.

Diskusi

Jumlah eritrosit pada penelitian ini mayoritas menunjukkan angka yang normal dengan rata-rata *pretest* $5,20 \times 10^6/\mu\text{L}$ dan

posttest $5,36 \times 10^6/\mu\text{L}$. Hasil tersebut selaras dengan hasil kadar hemoglobin pada *pretest* maupun *posttest* pada siswa SD di Samigaluh, masing-masing dengan rata-rata 13,51 g/dL dan 14,39 g/dL. Jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada manusia sangat berkaitan dengan proses hematopoiesis. Hematopoiesis di sumsum tulang ini diatur oleh hormon tiroid karena saat ada disfungsi tiroid, ekspresi gen reseptor hormon tiroid (TR) pada progenitor hematopoietik termodifikasi¹¹. Modifikasi ini dapat menyebabkan perbedaan pada potensi proliferasi dan apoptosis dari sel progenitor tersebut, tergantung disfungsi yang terjadi adalah hipotiroid atau hipertiroid. Ketika terjadi hipotiroid, hematopoiesis akan tertekan dan menyebabkan penurunan pada jumlah eritrosit maupun kadar hemoglobin begitupun sebaliknya jika terjadi hipertiroid¹¹⁻¹³.

Jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin secara tidak langsung

berhubungan dengan kadar iodium pada tubuh karena iodium merupakan elemen yang penting dalam pembentukan hormon tiroid. Pada individu yang mengalami defisiensi iodium ringan ke sedang, kelenjar tiroid akan melakukan kompensasi dengan cara meningkatkan aktivitas tiroid¹⁴. Jika diet iodium rendah, fungsi tiroid akan dipertahankan dengan cara meningkatkan klirens tiroid untuk iodium plasma dengan cara memicu sekresi TSH dari kelenjar pituitari dan meningkatkan ekspresi simporter natrium-iodida untuk memaksimalkan penyerapan iodium ke dalam sel-sel tiroid. Tiroid mengakumulasi peningkatan proporsi iodium yang dikonsumsi, menggunakan iodium dari degradasi hormon tiroid dengan lebih efisien, dan dengan cara-cara tersebut mengurangi pembersihan ginjal iodium¹⁴⁻¹⁵.

Kompensasi pada defisiensi iodium ringan ke sedang ini masih dapat mempertahankan produksi hormon tiroid

dengan cara meningkatkan konsentrasi triiodotironin (T_3) sebagai pelengkap T_4 sehingga kadar TSH normal^{14,16}. Hal ini selaras dengan hasil penelitian yang memperlihatkan bahwa 87,5% responden memiliki kadar TSH yang normal. Tetapi pada penelitian ini tidak dapat diketahui kadar FT_4 dan T_3 pada responden dengan TSH normal mengalami penurunan, normal, ataupun peningkatan sehingga hal ini merupakan limitasi penelitian. Peneliti juga tidak dapat mengetahui asupan iodium tiap individu karena tidak dilakukan pengukuran konsentrasi iodium urin sedangkan TSH tidak sensitif untuk menilai status asupan iodium pada usia sekolah².

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin secara tidak langsung berkaitan dengan endemisitas GAKI pada suatu daerah. Walaupun begitu, penelitian ini belum dapat membuktikan secara statistik

hubungan tersebut dikarenakan limitasi penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan jumlah eritrosit (6,69%) yang tidak signifikan setelah diberikannya intervensi olahraga selama enam minggu. Peningkatan jumlah eritrosit sesuai dengan teori yang ada. Saat berolahraga, beberapa mekanisme adaptasi eritropoiesis di sumsum tulang yang meningkatkan kapasitas daya angkut oksigen akan terangsang. Mekanisme adaptasi tersebut terdiri dari hiperplasia sumsum tulang hematopoietik, peningkatan lingkungan mikro hematopoietik yang diinduksi oleh latihan olahraga, dan peningkatan hormon serta sitokin yang mempercepat eritropoiesis¹⁷. Ketika eritropoiesis meningkat, jumlah eritrosit pun seharusnya juga akan meningkat.

Hasil beberapa penelitian didapatkan peningkatan jumlah eritrosit yang signifikan setelah dilakukannya intervensi olahraga,

seperti pada penelitian Shivalingaiah *et al.* (2015), Noushad *et al.* (2012), dan Mohamady *et al.* (2017). Hal-hal yang mungkin membuat berbeda pada hasil penelitian ini adalah jenis olahraga dan lama olahraga yang dilakukan.

Pada penelitian Shivalingaiah *et al.* (2015) diambil responden atlet pelari yang telah melakukan latihan \leq tiga tahun dan lebih dari tiga tahun, berbeda dengan responden yang digunakan pada penelitian ini, yaitu siswa SD yang tidak terlatih dan diberikan intervensi olahraga selama enam minggu¹⁸. Pada penelitian Noushad *et al.* (2012) dilakukan olahraga menggunakan *treadmill*, sedangkan pada penelitian ini olahraga dilakukan dengan permainan-permainan⁷. Pada penelitian Mohamady *et al.* (2017), intervensi olahraga dilakukan selama 12 minggu sedangkan pada penelitian ini dilakukan selama enam minggu¹⁹.

Beberapa penelitian yang lain menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian ini, yaitu terdapat peningkatan jumlah eritrosit setelah intervensi olahraga yang tidak signifikan. Karvinen *et al.* (2014) memberikan intervensi olahraga menggunakan *resistance band* tiga kali seminggu selama 12 minggu²⁰. Shapoorabadi *et al.* (2016) melakukan penelitian dengan intervensi olahraga intensitas submaksimal dengan ditambah medikamentosa selama delapan minggu dan dibandingkan dengan kontrol yang hanya meminum medikamentosa²¹.

Penelitian-penelitian lain yang melakukan intervensi selama enam minggu, seperti yang dilakukan Farzanegi *et al.*, (2013), mendapatkan hasil yang signifikan untuk penurunan tekanan darah sistolik maupun diastolik²². Penelitian lain yang menggunakan intervensi olahraga terhadap parameter darah, seperti Gnanou *et al.*, (2014), yang menggunakan olahraga

intensitas tinggi dan didapatkan penurunan jumlah eritrosit yang signifikan²³. Semua perbedaan-perbedaan ini kemungkinan terjadi karena proses adaptasi yang berbeda-beda. Adaptasi ini terjadi tergantung dari tipe, mode, frekuensi, intensitas, dan durasi olahraga yang dilakukan serta kapasitas dan potensial dari individu yang melakukan olahraga. Ketika olahraga dilakukan ≥ 12 minggu, perubahan-perubahan pada karakteristik kardiorespirasi dan metabolik lebih terlihat²⁴ dan respon adaptasi individu tergantung dari genetik, stres homeostasis pada setiap sesi olahraga yang diterima, status olahraga sebelumnya, stres psikologis, pola tidur, gaya hidup, dan asupan nutrisi²⁵.

Berbeda dengan jumlah eritrosit, kadar hemoglobin setelah diberikan intervensi olahraga selama enam minggu mengalami peningkatan yang signifikan, yaitu sebanyak 9,01%. Mekanisme peningkatan ini kurang lebih sama dengan peningkatan produksi eritrosit. Pada saat

berolahraga, kebutuhan oksigen meningkat sehingga tubuh harus beradaptasi dengan meningkatkan deliveri oksigen, salah satunya dengan peningkatan kadar hemoglobin yang membawa oksigen ke jaringan. Peningkatan kadar hemoglobin sebanyak 3 g/L dapat meningkatkan jumlah maksimum oksigen yang dapat digunakan seseorang selama latihan yang intens atau maksimal (VO_{2max}) sebanyak 1%²⁶.

Hasil penelitian ini sama dengan Mohamady *et al.* (2017) dan Noushad *et al.* (2012) tetapi berbeda dengan penelitian Gnanou *et al.* (2014). Persamaan dan perbedaan yang terjadi ini kemungkinan karena perbedaan jenis latihan dan lama latihan yang dilakukan, seperti yang terjadi pada jumlah eritrosit.

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin yang berbeda, masing-masing sebesar 6,69% dan 9,01%, berbeda dengan hasil yang didapatkan Mohamady *et al.*

(2017). Pada penelitian Mohamady *et al.* (2017) didapatkan peningkatan jumlah eritrosit maupun kadar hemoglobin yang sama-sama signifikan dan hampir sama, yaitu 5,03% dan 5,89% pada masing-masing variabel¹⁹. Perbedaan ini kemungkinan karena adanya perbedaan peningkatan massa rata-rata hemoglobin per sel darah merah dalam sampel darah (MCH) pada kedua penelitian. Sayangnya pada kedua penelitian tidak ada yang menilai MCH.

Gnanou *et al.* (2014) mendapatkan peningkatan MCH setelah diberikannya intervensi olahraga selama enam minggu²³, begitu pula pada penelitian Paraiso *et al.* (2017) yang mendapatkan peningkatan MCH yang signifikan pada minggu ke-13²⁷. Peningkatan MCH ini bisa terjadi karena selain menginduksi eritropoiesis, olahraga juga dapat menyebabkan hemolisis sehingga pada produksi eritrosit selanjutnya akan didapatkan eritrosit muda yang memiliki deformabilitas dan fungsi pelepasan O_2 ke

jaringan yang lebih baik²⁸. Fungsi pelepasan O₂ ke jaringan yang lebih baik ini kemungkinan karena kadar hemoglobin yang meningkat tiap sel darah merah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa olahraga dengan permainan anak-anak berdurasi 20-30 menit dilakukan lima kali seminggu selama enam minggu dapat menginduksi adaptasi sel darah merah. Walaupun begitu, adaptasi yang terjadi masih dapat ditingkatkan lagi dengan menambah lama pemberian intervensi olahraga.

Kesimpulan

Olahraga dapat meningkatkan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada anak-anak usia sekolah dasar di daerah endemik GAKI. Peningkatan jumlah eritrosit tidak signifikan secara statistik setelah dilakukannya olahraga dengan permainan anak-anak berdurasi 20-30 menit dilakukan lima kali seminggu selama enam

minggu, sedangkan kadar hemoglobin mengalami peningkatan secara signifikan.

Saran

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan jumlah responden yang lebih banyak dan dilakukan randomisasi agar responden lebih mewakili populasi yang dituju dan mengurangi bias.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya juga mengambil data yang dapat merepresentasikan endemisitas wilayah yang dipakai, seperti konsentrasi iodium urin.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya juga mengambil data yang menilai status tiroid dan mendiagnosis hipotiroidisme, semisal menggunakan *Billewicz score* atau menilai kadar T₄ dan T₃ pada seluruh responden.
4. Peneliti selanjutnya sebaiknya memberikan intervensi olahraga lebih lama dan intensitas olahraga ditentukan

dengan cara yang lebih pasti, semisal menggunakan formula Karvonen.

5. Peneliti selanjutnya sebaiknya juga melihat parameter sel darah merah yang lain, seperti hematokrit, MCV, dan MCH untuk mengetahui secara lebih pasti adaptasi yang terjadi setelah dilakukannya olahraga.
6. Peneliti selanjutnya sebaiknya mencari jenis olahraga yang lebih menyenangkan dan disukai oleh anak-anak, tetapi tetap memerhatikan intensitas yang ingin dicapai.
7. Bagi institusi sekolah, lebih baik jika olahraga dilakukan minimal tiga kali dalam seminggu karena terbukti baik bagi kesehatan.

Daftar Pustaka

1. Riskesdas, 2007. *Laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar*, Jakarta.
2. WHO, 2007. *Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination* 3rd ed., Geneva: WHO Press.
3. Sun, X., Shan, Z. & Teng, W., 2014. Effects of increased iodine intake on thyroid disorders. *Endocrinology and metabolism (Seoul, Korea)*, 29(3), hal.240–7. Available at: <http://1.usa.gov/1Ud5rER>.
4. Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, 2015. *Situasi dan Analisis Penyakit Tiroid*, Kementerian Kesehatan RI.
5. Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, 2015. *Situasi dan Analisis Penyakit Tiroid*, Kementerian Kesehatan RI.
6. Harrison, T.R., 2015. *Harrison's Principles of Internal Medicine* 19th ed. D. L. Kasper *et al.*, eds., United States: McGraw-Hill Education.
7. Noushad, S. *et al.*, 2012. Effect of Exercise on Hematological Parameters: A Study on Trained versus Un-Trained Male Subjects. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 10(1), hal.18–21.
8. Viana, M.T. *et al.*, 2012. Leukocyte, red blood cell and morphological adaptation to moderate physical training in rats undernourished in the neonatal period. *Revista brasileira de hematologia e hemoterapia*, 34(4), hal.285–291. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23049442>.
9. Soldin, O.P. *et al.*, 2008. Pediatric Reference Intervals for Free Thyroxine and Free Triiodothyronine. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2875983/pdf/thy.2009.0037.pdf>.
10. Hollowell, J.G. *et al.*, Serum TSH, T₄, and Thyroid Antibodies in the United States Population (1988 to 1994): National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III).
11. Kawa, M.P. *et al.*, 2010. Clinical relevance of thyroid dysfunction in human haematopoiesis: Biochemical

- and molecular studies. *European Journal of Endocrinology*, 162(2), hal.295–305.
12. Iddah, M.A. *et al.*, 2013. Clinical Study Thyroid Hormones and Hematological Indices Levels in Thyroid Disorders Patients at Moi Teaching and Referral Hospital, Western Kenya. *ISRN Endocrinology*. Available at: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/385940>.
 13. Dorgalaleh, A. *et al.*, 2013. Effect of thyroid dysfunctions on blood cell count and red blood cell indice. *Iranian journal of pediatric hematology and oncology*, 3(2), hal.73–7. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3915449&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
 14. Zimmermann, M.B. & Boelaert, K., 2015. Iodine deficiency and thyroid disorders. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 3(4), hal.286–295.
 15. Zimmermann, M.B., 2009. Iodine deficiency. *Endocrine Reviews*, 30(4), hal.376–408.
 16. Obregon, M.-J., del Rey, F.E. & de Escobar, G.M., 2005. The Effects of Iodine Deficiency on Thyroid Hormone Deiodination. *Thyroid*, 15(8), hal.917–929. Available at: <http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/thy.2005.15.917>.
 17. Hu, M. & Lin, W., 2012. Effects of exercise training on red blood cell production: Implications for anemia. *Acta Haematologica*, 127(3), hal.156–164.
 18. Shivalingaiah, J. *et al.*, 2015. Influence of athletic training on hematological parameters in runners: A cross-sectional study. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 5(2), hal.125–128.
 19. Mohamady, H.M., Elsisy, H.F. & Aneis, Y.M., 2017. Impact of moderate intensity aerobic exercise on chemotherapy-induced anemia in elderly women with breast cancer: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Advanced Research*, 8(1), hal.7–12. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2016.10.005>.
 20. Karvinen, K.H. *et al.*, 2014. Effect of an exercise training intervention with resistance bands on blood cell counts during chemotherapy for lung cancer: a pilot randomized controlled trial. *Springerplus*, 3, p.15.
 21. Shapoorabadi, Y.J. *et al.*, 2016. Effects of aerobic exercise on hematologic indices of women with rheumatoid arthritis: A randomized clinical trial. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21(1). Available at: http://www.jmsjournal.net/temp/JResMedSci2119-1978812_052948.pdf [Accessed April 9, 2018].
 22. Farzanegi, P. *et al.*, 2013. Effect of 6-weeks aerobic exercise training on oxidative stress and enzymatic antioxidants in postmenopausal women with hypertension: Case Study. *J Mazandaran Univ Med Sci*, 23(108), hal.133–136.
 23. Gnanou, J. *et al.*, 2014. The Effect of 6-weeks Military Training on Blood Hematological Parameters in Untrained Recruits in a Military University. *Medicine Science / International Medical Journal*, 3(3), p.1. Available at: <http://www.scopemed.org/?mno=154414>.
 24. Je, C., 2016. The impact of duration on effectiveness of exercise, the implication for periodization of

- training and goal setting for individuals who are overfat, a meta-analysis. *Biology of Sport*, 33(4), hal.309–333.
25. Mann, T.N., Lamberts, R.P. & Lambert, M.I., 2014. High responders and low responders: Factors associated with individual variation in response to standardized training. *Sports Medicine*, 44(8), hal.1113–1124.
26. Otto, J.M., Montgomery, H.E. & Richards, T., 2013. Haemoglobin concentration and mass as determinants of exercise performance and of surgical outcome. *Extreme Physiology and Medicine*, 2(1), hal.1–8.
27. Paraiso, L.F. *et al.*, 2017. Effects of acute and chronic exercise on the osmotic stability of erythrocyte membrane of competitive swimmers. *PLoS ONE*, 12(2), hal.1–13.
28. Mairbäurl, H., 2013. Red blood cells in sports: Effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in Physiology*, 4 NOV(November), hal.1–13.