

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Samigaluh, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kulon Progo sendiri dibatasi oleh Kabupaten Purworejo, Propinsi Jawa Tengah di bagian barat, Kabupaten Sleman dan Bantul, Propinsi D.I. Yogyakarta di bagian timur, Kabupaten Magelang, Propinsi Jawa Tengah di bagian utara, dan Samudera Hindia di selatan. Samigaluh sendiri merupakan salah satu kecamatan yang berada di wilayah utara Kulon Progo yang mempunyai karakteristik dataran tinggi atau Perbukitan Menoreh dengan ketinggian antara 500 sampai 1000 meter di atas permukaan air laut dan penggunaan tanah diperuntukkan sebagai kawasan budidaya konservasi dan merupakan kawasan rawan bencana tanah longsor (Pemerintah Kabupaten Kulon Progo, 2016).

Faktor geografi Samigaluh yang merupakan daerah dataran tinggi dapat menyebabkan terjadinya GAKI (Saidin, 2009). Selain itu, longsor juga dapat mengurangi kandungan iodida yang terdapat pada permukaan tanah (Zimmermann, 2009). Hal tersebut juga sudah dibuktikan oleh Widodo (2003) yang menilai endemisitas suatu daerah menggunakan kadar ekskresi iodium urin bahwa Samigaluh termasuk dalam daerah endemik GAKI

kategori ringan menuju sedang. Oleh sebab itu, peneliti memilih Samigaluh sebagai tempat penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di dua SD yang terdapat di Kecamatan Samigaluh, yaitu SD Negeri Tukharjo dan SD Negeri Purwoharjo. SD Negeri Tukharjo diperuntukkan untuk kelompok intervensi sedangkan SD Negeri Purwoharjo diperuntukkan untuk kelompok kontrol. Kedua SD tersebut hanya terpaut jarak sekitar 1,2 km atau dua menit perjalanan menggunakan kendaraan bermotor.

Tahap awal penelitian yang dilakukan adalah sosialisasi kepada wali murid SD Negeri Tukharjo dan Purwoharjo mengenai penelitian yang akan dilakukan. Setelah itu, peneliti meminta izin melalui surat tertulis yang menyatakan bahwa wali murid siswa tersebut mengizinkan anaknya menjadi responden penelitian.

Pretest dilakukan pada hari yang sama baik pada kelompok intervensi maupun kelompok kontrol, yaitu pada tanggal 21 Juli 2016. Selain pengambilan sampel darah untuk penghitungan jumlah eritrosit, peneliti juga menyebarkan kuesioner yang diisi siswa untuk melihat karakteristik kelompok penelitian. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir adanya bias antar kelompok dikarenakan responden penelitian menggunakan manusia yang memiliki banyak faktor pengganggu. Kuesioner tersebut juga dipakai untuk melihat apakah responden termasuk dalam kriteria inklusi dan eksklusi atau tidak.

Pada awal penelitian, terdapat 42 siswa kelas empat sampai enam SD Negeri Tukharjo dan 31 siswa kelas tiga sampai enam SD Negeri Purwoharjo yang mendapatkan izin dari orang tuanya untuk menjadi responden. Setelah dianalisis berdasarkan data kuesioner, dua siswa pada kelompok intervensi dan tiga siswa pada kelompok kontrol tidak memenuhi kriteria inklusi-eksklusi serta dua siswa pada kelompok intervensi dan tujuh siswa pada kelompok kontrol tidak dapat diambil sampel darahnya untuk *pretest* dikarenakan ketakutan. Pada akhir *pretest* terdapat 38 siswa pada kelompok intervensi dan 21 siswa pada kelompok kontrol.

Seluruh siswa pada kelompok intervensi, baik yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi maupun tidak, mendapatkan intervensi berupa olahraga sebanyak lima kali dalam seminggu selama enam minggu. Olahraga dilakukan pada saat jam istirahat sekolah, yaitu selama 20-30 menit. Olahraga yang diberikan berupa senam dan permainan-permainan, seperti sepak bola, lempar-tangkap, benteng, estafet, kasti, dan lain sebagainya. Permainan olahraga dipandu oleh peneliti dan disupervisi oleh guru olahraga. Intervensi dilakukan mulai tanggal 25 Juli 2016 sampai 2 September 2016.

Pada minggu ketujuh, peneliti mengambil sampel darah pada kelompok intervensi maupun kontrol untuk *posttest*. Pada saat pengambilan sampel darah, terdapat *drop out* responden lagi, yaitu enam siswa pada kelompok intervensi dan empat siswa pada kelompok kontrol sehingga total responden yang dianalisis uji statistik sebanyak 49 siswa, terdiri dari 32

siswa SD Negeri Tukharjo sebagai kelompok perlakuan yang diberi intervensi olahraga aerobik dan 17 siswa SD Negeri Purwoharjo sebagai kelompok kontrol.

2. Karakteristik Responden

Karakteristik responden dilihat dari umur, jenis kelamin, kelas, pekerjaan orang tua, jarak rumah ke sekolah, cara transportasi ke sekolah, biasa berolahraga atau tidak, rutin minum susu atau tidak, dan rutin makan buah-buahan serta sayur-sayuran atau tidak. Dari seluruh karakteristik yang ada dibandingkan untuk melihat apakah karakteristik pada kelompok intervensi dan kelompok kontrol sama.

Pada uji karakteristik responden penelitian ini digunakan pengujian statistik menggunakan Mann-Whitney karena karakteristik yang diuji memiliki skala nominal, ordinal, dan interval yang tidak berdistribusi normal. Variabel yang memiliki skala nominal adalah jenis kelamin, pekerjaan orang tua, cara berangkat ke sekolah, kebiasaan olahraga, minum susu, serta makan buah dan sayur. Variabel yang memiliki skala ordinal, yaitu kelas serta jarak rumah ke sekolah. Variabel yang memiliki skala interval dan tidak berdistribusi normal adalah umur.

Hasil uji statistik karakteristik responden penelitian memperlihatkan bahwa tidak ada perbedaan karakteristik antara kelompok kontrol dan intervensi ($p > 0,05$).

Tabel 4. 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

3. Hasil Pengambilan Data

a. Hasil *Pretest*

Pretest dilakukan satu minggu sebelum pemberian intervensi olahraga aerobik dengan diambilnya sampel darah responden pada kelompok kontrol maupun intervensi oleh pihak laboratorium PKU Muhammadiyah Gamping.

Tabel 5. Hasil *Pretest* Jumlah Eritrosit Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh Berdasarkan Rentang Nilai

Nilai ($n \times 10^6/\mu\text{L}$)	Intervensi		Kontrol	
	N	%	N	%
4,00 - 4,49	0	0,00	0	0,00
4,50 - 4,99	9	28,13	1	5,88
5,00 - 5,49	18	56,25	12	70,59
5,50 - 5,59	5	15,62	4	23,53
$\geq 6,00$	0	0,00	0	0,00
Total	32	100,00	17	100,00

Pada Tabel 5 terlihat bahwa frekuensi jumlah eritrosit pada siswa SD di Samigaluh terbanyak, baik pada kelompok kontrol maupun intervensi olahraga, terdapat pada rentang nilai $5,00-5,49 \times 10^6/\mu\text{L}$, yaitu 18 responden (56,25%) pada kelompok intervensi olahraga dan 12 responden (70,59%) pada kelompok kontrol.

Tabel 6. Hasil *Pretest* Jumlah Eritrosit Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh Berdasarkan Kategori Normalitas

Kategori	Intervensi		Kontrol	
	N	%	N	%
Normal	23	71,87	11	64,71
Tinggi	9	28,13	6	35,29
Total	32	100,00	17	100,00

Nilai normal jumlah eritrosit usia 6-12 tahun (NHANES, 2004):

laki-laki : $4,1-5,6 \times 10^6/\mu\text{L}$

perempuan : $3,9-5,2 \times 10^6/\mu\text{L}$

Pada Tabel 6 terlihat bahwa frekuensi jumlah eritrosit terbanyak, baik pada kelompok kontrol maupun intervensi olahraga, terdapat pada kategori normal, yaitu 23 responden (71,87%) pada kelompok intervensi dan 11 responden (64,71%) pada kelompok kontrol.

Tabel 7. Hasil *Pretest* Kadar Hemoglobin (g/dL) Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh

Kategori	Intervensi		Kontrol	
	N	%	N	%
Rendah	1	3,13	0	00,00
Normal	31	96,87	17	100,00
Total	32	100,00	17	100,00

Nilai normal kadar hemoglobin berdasarkan usia (WHO, 2011):

Anak-anak usia 6-11 tahun $\geq 11,5$ g/dL

Anak-anak usia 12-14 tahun $\geq 12,0$ g/dL

Tabel 7 menunjukkan kadar hemoglobin pada kelompok kontrol maupun intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh sebelum diberi perlakuan. Berdasarkan Tabel 7, mayoritas kadar hemoglobin pada kedua kelompok normal dengan persentase 96,87% responden pada kelompok intervensi olahraga dan 100% pada kelompok kontrol.

b. Hasil *Posttest*

Posttest dilakukan satu minggu setelah pemberian intervensi olahraga aerobik dengan diambilnya sampel darah responden pada kelompok kontrol maupun intervensi oleh pihak laboratorium PKU Muhammadiyah Gamping. Hasil *posttest* jumlah eritrosit pada kelompok kontrol dan intervensi dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Hasil *Posttest* Jumlah Eritrosit Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh Berdasarkan Rentang Nilai

Nilai ($n \times 10^6/\mu\text{L}$)	Intervensi		Kontrol	
	N	%	N	%
4,00 - 4,49	1	3,13	0	0,00
4,50 - 4,99	10	31,25	2	11,76
5,00 - 5,49	15	46,87	13	76,48
5,50 - 5,59	4	12,50	2	11,76
$\geq 6,00$	2	6,25	0	0,00
Total	32	100,00	17	100,00

Berdasarkan Tabel 8, frekuensi jumlah eritrosit, baik pada kelompok kontrol maupun kelompok intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh, terbanyak masih terdapat pada rentang nilai 5,00-5,49 x $10^6/\mu\text{L}$. Pada kelompok intervensi terdapat 15 responden (46,87%) dan pada kelompok kontrol terdapat 13 responden (76,48%). Dapat dilihat dari tabel tersebut, pada kelompok intervensi terdapat dua responden yang mengalami kenaikan jumlah eritrosit hingga $\geq 6,00 \times 10^6/\mu\text{L}$ yang tidak terdapat pada kelompok kontrol.

Tabel 9. Hasil *Posttest* Jumlah Eritrosit Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh Berdasarkan Kategori Normalitas

Kategori	Intervensi		Kontrol	
	N	%	N	%
Normal	22	68,75	13	76,48
Tinggi	10	31,25	4	23,52
Total	32	100,00	17	100,00

Nilai normal jumlah eritrosit usia 6-12 tahun (NHANES, 2004):

laki-laki : $4,1-5,6 \times 10^6/\mu\text{L}$

perempuan : $3,9-5,2 \times 10^6/\mu\text{L}$

Berdasarkan Tabel 9, frekuensi terbanyak, baik pada kelompok kontrol maupun intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh, masih terdapat pada kategori normal. Pada kelompok intervensi terdapat 22 responden (68,75%) dan pada kelompok kontrol terdapat 13 responden (76,48%). Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan jumlah pada kategori tinggi sejumlah satu responden pada kelompok intervensi dibandingkan hasil *pretest*, sedangkan pada kelompok kontrol terdapat penurunan jumlah responden pada kategori tinggi dibandingkan hasil *pretest*.

Setelah dilakukan perlakuan, hasil *posttest* kadar hemoglobin kelompok kontrol dan kelompok intervensi olahraga pada siswa SD di Samigaluh memiliki kadar yang normal 100%.

c. Kadar TSH

Sampel untuk pengukuran kadar TSH diambil bersamaan dengan pengambilan sampel *posttest*, yaitu satu minggu setelah intervensi olahraga.

Tabel 10. Hasil Pengukuran Kadar TSH Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh

Kategori	Intervensi		Kontrol	
	N	%	N	%
Tinggi	4	12,50	2	11,76
Normal	28	87,50	15	88,24
Total	32	100,00	17	100,00

Nilai normal TSH: 0,4-4,5 mIU/L (Hollowell *et al.*, 2002)

Tabel 10 menunjukkan mayoritas responden pada kelompok kontrol maupun 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 1,55 ng/dL pada kelompok kontrol dan 1,75 ng/dL pada kelompok intervensi dengan rujukan nilai normal FT₄ pada anak-anak usia 6-12 tahun sebesar 1,3-2,4 ng/dL (Soldin *et al.*, 2008).

4. Analisis Data

a. Uji Normalitas Kelompok Intervensi dan Kelompok Kontrol

Uji normalitas digunakan untuk melihat distribusi data *pretest* dan *posttest* pada setiap kelompok normal atau tidak. Hasil dari uji normalitas ini menentukan uji statistik yang digunakan, yaitu parametrik atau nonparametrik.

Tabel 11. 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

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.

d. Uji Beda Sebelum dan Sesudah Intervensi

Setelah didapatkan bahwa data tidak terdistribusi normal, hasil penelitian dianalisis menggunakan uji nonparametrik, yaitu Wilcoxon, untuk menentukan perbedaan antara sebelum dan sesudah intervensi signifikan atau tidak. Hal ini untuk menentukan hipotesis diterima atau ditolak.

Tabel 12. Uji Beda *Posttest-Pretest* Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin Kelompok Kontrol dan Kelompok Intervensi Olahraga pada Siswa SD di Samigaluh

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

¹*p-value* diukur menggunakan uji Wilcoxon

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

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

Pada Tabel 12 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 ($p > 0,05$).

e. Hubungan Peningkatan Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin

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.

f. Hubungan Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin dengan Kadar TSH
Kelompok Intervensi

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.

g. Hubungan Jumlah Eritrosit dan Kadar Hemoglobin dengan Karakteristik Responden

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.

B. PEMBAHASAN

1. Jumlah Eritrosit dan Hemoglobin pada Daerah Endemik GAKI

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. Menurut Kawa *et al.* (2010) hematopoiesis di sumsum tulang ini diatur oleh hormon tiroid karena saat ada disfungsi tiroid, ekspresi gen reseptor hormon tiroid (TR) pada progenitor hematopoietik termodifikasi. 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 hipertiroid (Iddah *et al.*, 2013; Kawa *et al.*, 2010; Dorgalaleh *et al.*, 2013).

Jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin secara tidak langsung berhubungan dengan kadar iodium pada tubuh karena iodium merupakan elemen yang penting dalam pembentukan hormon tiroid. Menurut Zimmermann & Boelaert (2015), pada individu yang mengalami defisiensi iodium ringan ke sedang, kelenjar tiroid akan melakukan kompensasi dengan cara meningkatkan aktivitas tiroid. 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 iodium (Zimmermann, 2009; Zimmermann & Boelaert, 2015).

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 (Zimmermann & Boelaert, 2015; Obregon *et al.*, 2005). 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 FT₄ dan T₃ pada responden dengan TSH normal mengalami penurunan, normal, ataupun peningkatan sehingga hal ini merupakan limitasi penelitian. Peneliti juga tidak dapat mengetahui asupan iodine tiap individu karena tidak dilakukan pengukuran konsentrasi iodine urin sedangkan TSH tidak sensitif untuk menilai status asupan iodine pada usia sekolah (WHO, 2007).

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.

2. Pengaruh Olahraga terhadap Jumlah Eritrosit dan Hemoglobin

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 eritropoiesis (Hu & Lin, 2012). 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 minggu. Pada penelitian Noushad *et al.* (2012) dilakukan olahraga menggunakan *treadmill*, sedangkan pada penelitian ini olahraga dilakukan dengan permainan-permainan. Pada penelitian Mohamady *et al.* (2017), intervensi olahraga dilakukan selama 12 minggu sedangkan pada penelitian ini dilakukan selama enam minggu.

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 minggu. Shapoorabadi *et al.* (2016) melakukan penelitian dengan intervensi olahraga intensitas submaksimal dengan ditambah medikamentosa selama delapan minggu dan dibandingkan dengan kontrol yang hanya meminum medikamentosa.

Penelitian-penelitian lain yang melakukan intervensi selama enam minggu, seperti yang dilakukan Farzanegi *et al.* (2013), mendapatkan hasil yang signifikan, tetapi penelitian ini menilai parameter yang berbeda, yaitu penurunan tekanan darah sistolik maupun diastolik. Penelitian lain yang menggunakan intervensi olahraga selama enam minggu terhadap parameter darah, seperti Gnanou *et al.* (2014), mendapatkan penurunan jumlah eritrosit yang signifikan, tetapi penelitian ini menggunakan intervensi olahraga intensitas tinggi.

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 \geq 12 minggu, perubahan-perubahan pada karakteristik kardiorespirasi dan metabolik lebih terlihat (Je, 2016) 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 nutrisi (Mann *et al.*, 2014).

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 delivery 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% (Otto *et al.*, 2013).

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 variabel. 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 minggu, begitu pula pada penelitian Paraiso *et al.* (2017) yang mendapatkan peningkatan MCH yang signifikan pada minggu ke-13. 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 O₂ ke jaringan yang lebih baik (Mairbäurl, 2013). 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.