

**PENGARUH PEMBERIAN SUPLEMEN BESI TERHADAP
KELELAHAN OTOT**

EFFECT OF GIVING IRON SUPPLEMENTATION ON MUSCLE FATIGUE

ARTIKEL PENELITIAN

Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan

Guna mencapai derajat sarjana strata-1 kedokteran umum

CYNTHIA

G2A 006 040

**PROGRAM PENDIDIKAN SARJANA KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2010**

Lembar Pengesahan Laporan Akhir Hasil Penelitian

**PENGARUH PEMBERIAN SUPLEMEN BESI TERHADAP
KELELAHAN OTOT**

EFFECT OF GIVING IRON SUPPLEMENTATION ON MUSCLE FATIGUE

Disusun oleh:

CYNTHIA

G2A 006 040

Telah disetujui:

Ketua Penguji

dr. Hari Peni Julianti M.kes
NIP 19700704 199802 2 011

Dosen Pembimbing

dr. Hardian
NIP 19630414 199001 1 001

Ketua Tim KTI

dr. Awal Prasetyo, M.Kes, Sp.THT-KL
NIP 19671002 1997702 1 0001

PENGARUH PEMBERIAN SUPLEMEN BESI TERHADAP KELELAHAN OTOT

Cynthia¹, dr.Hardian²

ABSTRAK

Latar belakang : Zat besi diketahui memiliki fungsi yang penting dalam metabolisme energi, karena besi berperan dalam mentransport oksigen yang dibutuhkan untuk metabolisme karbohidrat, protein dan lemak untuk menghasilkan energi(ATP). ATP diperlukan untuk kontraksi otot. Dalam keadaan ketersediaan oksigen dalam tubuh, akan terjadi metabolisme anaerob dimana hasil dari metabolisme ini adalah asam laktat. Penumpukan asam laktat diketahui dapat menyebabkan terjadinya kelelahan otot. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan tes wingate untuk mengetahui kelelahan otot yang terjadi pada fase anaerob dengan menilai parameter *anerobic fatigue* (AF) dan tes ergometer sepeda pada fase aerob dengan menilai perbandingan rerata nilai VO_2Max .

Metode : Penelitian eksperimental dengan *post test only controlled group design*. Subyek penelitian adalah 48 orang laki-laki usia 19-21 tahun mahasiswa FK UNDIP yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan, dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol dan perlakuan. Kelompok perlakuan diberi suplemen besi seminggu sebelum dilakukan tes. Pengukuran dengan menggunakan tes wingate untuk menilai kelelahan otot pada fase anaerob dan tes ergometer sepeda untuk menilai kelelahan pada fase aerob.

Hasil : Pengukuran pada tes wingate, didapatkan proporsi terjadinya kelelahan berdasarkan nilai AF pada kelompok perlakuan lebih sedikit dibandingkan kelompok kontrol. Berdasarkan uji Chi Square diperoleh nilai signifikansi (p) 0,119 sehingga dinyatakan tidak bermakna. Pengukuran dengan tes ergometer sepeda, didapatkan perbedaan rerata nilai VO_2Max dari kelompok kontrol dan perlakuan dimana nilai rerata VO_2max kelompok kontrol lebih rendah daripada kelompok perlakuan. Berdasarkan uji t tidak berpasangan didapatkan nilai p = 0,061 sehingga perbedaan tersebut dinyatakan tidak bermakna.

Kesimpulan : Pemberian suplemen besi 1 minggu sebelum latihan tidak berpengaruh terhadap kelelahan otot fase anaerob yang dinyatakan dalam nilai AF dan kelelahan otot fase aerob yang dinyatakan dalam nilai VO_2max .

Kata kunci : zat besi, nilai, anaerobic fatigue, VO_2Max

¹Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

²Staf Pengajar Bagian Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

EFFECT OF GIVING IRON SUPPLEMENTATION ON MUSCLE FATIGUE

ABSTRACT

Background : Iron known to have important role in energy metabolism, because iron work in oxygen transport which needed in carbohydrate, protein, and fat metabolism to produce energy (ATP). ATP is important for muscle contraction. When oxygen supply to the tissue was not enough, anaerobic metabolism occurs producing lactic acid. Lactic acid accumulation will lead to muscle fatigue. Because of that, wingate test will be performed to evaluate muscle fatigue which occurs in anaerobic phase by evaluate anaerobic fatigue (AF) parameter and ergometer bicycle test in aerob phase by evaluating the comparison between VO_2 Max mean value.

Methods : This was experimental study with post test only controlled group design .The subjects of this study were 48 male students of medical faculty Diponegoro university (19-21 years old range)that fulfilled the exlution and inclusion criterias. The subjects were divided into 2 groups, control (without treatment) and treatment group. Treatment group was given iron supplementation a week before the test.. Anaerobic phase of muscle fatigue was measured with Wingate test, aerobic phase was measured with Ergocycle test.

Results: Measurement with Wingate test, proportion of fatigue(in %) based on AF value on treatment group was smaller than the control group. Chi square test result in $p=0,119$, so that it can be concluded as insignificant. Measurement with ergocycle test result in VO_2 Max mean difference between treatment and control group, where the mean of control group was smaller than the treatment group. T-independent test result in $p=0,061$, so it can be concluded that the difference was not significant.

Conclusion: Administration iron supplementation one week before exercise doesn't affect muscle fatigue neither anaerobic (AF) nor aerobic phase (VO_2 max).

Keywords : Iron supplementation, Anaerobic fatigue(AF), VO_2 max

PENDAHULUAN

Kelelahan otot adalah suatu keadaan yang terjadi setelah kontraksi otot yang kuat dan lama, di mana otot tidak mampu lagi berkontraksi dalam jangka waktu tertentu. Kelelahan otot menunjuk pada suatu proses yang mendekati definisi fisiologik yang sebenarnya yaitu berkurangnya respons terhadap stimulasi yang sama. Mekanisme yang berperan dalam menjelaskan kelelahan telah diklasifikasikan secara umum sebagai akumulasi produk dan deplesi substrat. Kelelahan otot secara umum dapat dinilai berdasarkan persentase penurunan kekuatan otot, waktu pemulihan kelelahan otot, serta waktu yang diperlukan sampai terjadi kelelahan.^{1,2,3}

Zat besi merupakan salah satu mineral esensial yang penting untuk tubuh manusia yang berfungsi untuk eritropoiesis, metabolisme oksidatif, dan respon imun seluler. Tubuh manusia membutuhkan mineral besi rata – rata 15 - 20 mg setiap hari. Zat besi diketahui memiliki pengaruh dalam melakukan aktivitas fisik karena zat besi merupakan salah satu komponen penting dalam pembentukan hemoglobin dan myoglobin. Hemoglobin akan mengangkut oksigen ke sel- sel yang membutuhkannya untuk metabolisme glukosa, lemak dan protein menjadi energi (ATP), sedangkan myoglobin akan berikatan dengan oksigen, berfungsi menerima, menyimpan dan melepaskan oksigen ke dalam sel – sel otot. Selain itu, besi juga komponen dari enzim oksidase pemindah energi, yaitu : sitokrom paksidase, xanthine oksidase, suksinat dan dehidrogenase, katalase dan peroksidase. Menurunnya kadar zat besi dalam tubuh dapat menyebabkan penurunan produktivitas kerja maupun penurunan presentase kekuatan otot dan daya tahan terhadap keletihan.^{5,6,8,11}

Tujuan penelitian ini secara umum adalah bertujuan untuk Membuktikan pengaruh pemberian suplemen besi 15 mg / hari selama 1 minggu terhadap kelelahan otot. Sedangkan tujuan secara khusus adalah mengetahui terjadinya kelelahan otot pada kelompok yang tidak mendapat suplemen besi, mengetahui terjadinya kelelahan otot pada kelompok yang

mendapat suplemen besi, serta menganalisis perbedaan terjadinya kelelahan otot pada kelompok yang mendapat dan tidak mendapat suplemen besi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi penelitian terdahulu tentang pengaruh suplemen besi terhadap sistem otot manusia serta dapat menjadi tambahan informasi bagi masyarakat ,khususnya dalam bidang keolahragaan.

METODE PENELITIAN

Ruang lingkup keilmuan penelitian ini adalah ilmu fisiologi khususnya kedokteran olahraga. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi FK Undip pada periode April 2010. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan rancangan *parallel group post-test only design*. Variabel penelitian dibagi menjadi 2, variabel bebas dan variabel tergantung. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suplemen besi. Variabel tergantung penelitian adalah kelelahan otot yang dinyatakan sebagai nilai *anaerobic fatigue* (AF) dan $VO_2\text{Max}$.

Besar sampel dihitung menggunakan rumus besar sampel untuk uji hipotesis proporsi untuk dua populasi dengan memperhitungkan *drop out* sebesar 10%, hingga diperoleh jumlah sampel sebesar 24 untuk masing-masing kelompok. Subyek penelitian yang dipergunakan pada penelitian ini adalah laki-laki kelompok usia 19-21 tahun mahasiswa FK UNDIP yang memenuhi kriteria penelitian yang dibagi menjadi kriteria eksklusi dan kriteria inklusi. Kriteria inklusi penelitian antara lain usia 19 – 21 tahun, laki-laki, Indeks Massa Tubuh 17-24 . Kriteria eksklusi penelitian antara lain menolak menjadi subyek penelitian, memiliki riwayat penyakit kardiorespirasi, dan menderita anemia.

Subyek penelitian yang memenuhi kriteria penelitian dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan, dengan cara *simple random sampling*.

Kelompok kontrol tidak mengonsumsi apapun sebelum melakukan tes wingate dan ergometer sepeda sedangkan kelompok perlakuan mengonsumsi suplemen besi seminggu sebelum melakukan tes wingate dan ergometer sepeda.

Anerobic fatigue (AF) diukur dengan menggunakan tes Wingate dengan membandingkan antara nilai *Peak Power Output* (PP) tertinggi dan terendah yang dinyatakan dalam persen. Bila persentase AF $\geq 50\%$ maka termasuk kategori lelah sedangkan bila AF $< 50\%$ termasuk kategori tidak lelah. Pengukuran ini menggunakan skala nominal. Nilai $VO_2\text{Max}$ diukur menggunakan tes ergometer sepeda dan dihitung menggunakan nomogram Astrand.

Bahan dan alat yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain ergometer sepeda Monark , stopwatch Heuer, kounter mekanik, metronom, stetoskop Riester , mistar EKG Bayer, *single channel* elektrokardiografi Fukuda M-E Cardi Sunny 501 B- III, dan suplemen besi.

Subyek pada kelompok yang berbeda suplemen besi seminggu sebelum penelitian dimulai, karena diketahui besi memiliki pengaruh dalam darah dalam waktu seminggu. Beban tahanan diukur berdasarkan berat badan subjek menggunakan rumus = $0,075$ per kg BB (*khusus sepeda ergometer Monark*)¹². Sebelum tes dimulai pemeriksa melakukan fisik diagnostik, mengukur berat badan , dan melakukan pemeriksaan EKG istirahat pada sampel. Nadi subjek saat istirahat dicatat. Subjek diminta untuk mengayuh sepeda ergometer tanpa beban tahanan dengan sekuat-kuatnya setelah melakukan pemanasan selama 3-5 menit. Beban tahanan mulai diterapkan pada roda sepeda setelah 3 detik. Sebuah kounter elektrik atau mekanik digunakan untuk menghitung revolusi(perputaran) roda dalam interval 5 detik. Setelah melakukan tes Wingate sesuai protokol, dilakukan penghitungan terhadap data yang diperoleh menggunakan rumus baku yang telah ditetapkan untuk memperoleh nilai *anaerobic fatigue*(AF).

Pada tes ergometer sepeda, subjek diminta mengayuh pedal dengan irama 50x/menit tanpa beban selama 1-2 menit untuk pemanasan atau dengan melihat jarum speedometer. Setelah pemanasan, beban mulai secara perlahan dinaikkan. Selama kerja, EKG direkam setiap menit dan tekanan darah diukur pada permulaan dan akhir pembebanan. Tes dilakukan selama 6 menit untuk setiap pembebanan dan tiap menit nadi harus tercatat, caranya dengan mengambil denyut nadi pada 10 detik terakhir menit tersebut. Beban kerja diatur dan ditingkatkan setiap 6 menit, dan diharapkan pada pembebanan ke III tercapai denyut nadi 170x/menit. Pada subjek dimulai dari 100 watt (600 KPM/menit) kemudian berturut-turut 150 watt (900 KPM/menit), 200 watt (1200 KPM/menit), 250 watt (1500 KIPM/menit). Pemeriksaan masa pemulihan (*recovery*) diperlukan tes maksimal dengan denyut jantung 180x/menit. Pada saat ini sampel diperiksa tekanan darahnya. Setelah beban ditiadakan sampel berangsur-angsur menghentikan sepeda dan diperiksa EKG dan tekanan darah masa pemulihan setiap menit sampai 6 menit dalam keadaan duduk di atas ergometer sepeda. Denyut jantung dan tekanan darah subjek saat pemulihan dihitung pada menit 1,3,dan 5.

Data yang diperoleh setelah diedit, dikoding dan dientry dalam file komputer dengan menggunakan program *SPSS for Windows 18.0*. Setelah dilakukan cleaning, akan dilakukan analisis statistik. Data yang berskala kategori seperti kategori kelelahan akan dinyatakan dalam distribusi frekuensi. Data yang berskala kontinyu dinyatakan dalam rerata simpangan baku atau dilihat dari simpangan tidak normal distribusinya.

Perbedaan proporsi kategori kelelahan antara kelompok perlakuan dan kontrol diuji hipotesis dengan fungsi X^2 (Chi square). Data nilai $VO_2\text{max}$ yang diperoleh diuji hipotesis menggunakan uji T-tidak berpasangan bila distribusi data normal, dan menggunakan uji *Mann-Whitney* bila distribusi data tidak normal. Perbedaan dianggap bermakna apabila $p < 0,05$. Analisis data menggunakan program SPSS 18.0.

Sebelum penelitian dilaksanakan, dimintakan izin dari Komite Etika Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. *Informed consent* didapat dengan meminta persetujuan subjek penelitian. Subjek penelitian berhak menolak untuk diikutsertakan, boleh berhenti sewaktu-waktu, dan pada akhir penelitian mendapatkan imbalan sesuai kemampuan peneliti.

HASIL PENELITIAN

Subjek penelitian ini didapatkan mempunyai karakteristik sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Subyek Penelitian

karakteristik	Kelompok Kontrol	Kelompok Perlakuan	p
	Rerata ± SB	Rerata ± SB	
Umur (tahun)	21,7 ± 0,64	21,17 ± 0,76	0,012 [∞]
BB (kg)	65,2 ± 5,62	65,58 ± 5,62	0,876 [∞]
TB (cm)	167,8 ± 5,33	168,00 ± 4,82	0,958 [∞]
BMI (kg/m ²)	23,18 ± 2,06	23,22 ± 1,38	0,951 [∞]

BB = Berat Badan

*= Uji T-tidak berpasangan

[∞]= Uji Mann-Whitney

SB = Simpang Baku

Dari tabel di atas terlihat bahwa kedua kelompok subyek penelitian memiliki perbedaan usia yang bermakna, dimana kelompok kontrol sedikit lebih tua dibandingkan kelompok perlakuan. Tetapi perbedaan tersebut tidak terlalu mempengaruhi hasil penelitian dikarenakan kekuatan otot seseorang akan meningkat dari anak sampai mencapai puncak pada usia 25 – 30 tahun, kemudian baru akan menurun perlahan. Penurunan lebih sedikit terjadi pada orang yang aktif berolahraga.

Hasil pengukuran tinggi badan, berat badan dan BMI, kelompok perlakuan memiliki berat badan, tinggi badan dan BMI yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, tetapi kedua kelompok subyek penelitian memiliki karakteristik hampir sama.

Pada Wingate test jumlah revolusi dihitung selama enam kali. *Anaerobic fatigue*(AF) diperoleh dari selisih antara *Peak Power*(PP) tertinggi dan terendah yang dinyatakan dalam persen. Dikatakan masuk kategori lelah bila $AF \geq 50\%$ dan dikatakan tidak lelah bila $AF < 50\%$. Pengukuran ini memberikan hasil seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran tes Wingate

Kategori AF	Kelompok kontrol	Kelompok perlakuan
Lelah	79,17%	41,67%
Tidak lelah	20,83%	58,33%
Jumlah	100%	100%

Kemudian dilakukan uji hipotesis komparatif kategorik Chi Square untuk mengetahui hubungan antara pemberian suplemen besi sebelum latihan terhadap status kelelahan otot hingga diperoleh nilai signifikansi (p) 0,119 ($p > 0,05$) sehingga dapat dikatakan perbedaan proporsi kelelahan tersebut tidak bermakna.

Gambar 1. Grafik hasil pengukuran tes Wingate

Pada tes ergometer sepeda dihitung $VO_2\text{max}$ yang dilihat dari pengukuran denyut jantung dan beban dengan menggunakan Nomogram Astrand. Selama tes berlangsung nadi dan tekanan darah dihitung setiap menit. Tes dikatakan berhenti bila dicapai nadi maksimal yaitu 187. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran nilai $VO_2\text{max}$

Karakteristik	Kelompok Kontrol	Kelompok Perlakuan	P
	Rerata \pm SB	Rerata \pm SB	
$VO_2\text{max}$	37,21 \pm 1,07	37,82 \pm 1,13	0,061*

*= Uji T-tidak berpasangan

SB = Simpang Baku

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai $p > 0,05$, sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rerata nilai $VO_2\text{Max}$ yang tidak bermakna dari kelompok kontrol dan perlakuan di mana rerata nilai $VO_2\text{Max}$ kelompok kontrol lebih rendah daripada kelompok perlakuan

Adapun perbedaan nilai $VO_2\text{max}$ tersebut dapat dilihat pada gambar 2

Gambar 2. Perbedaan nilai VO2max pada kelompok kontrol dan perlakuan

PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini, tidak ada pengaruh pemberian suplemen besi terhadap kelelahan otot pada fase anaerob dan aerob. Salah satu faktor penyebabnya adalah tingkat kepatuhan setiap probandus dalam mengkonsumsi suplemen besi yang diberikan dalam waktu seminggu yang mempengaruhi hasil penelitian. Penyerapan zat besi itu sendiri dipengaruhi oleh kadar keasaman lambung, fungsi usus yang terganggu misalnya diare maupun makanan dan minuman yang dikonsumsi seperti tanin dalam teh, kopi dan beberapa jenis sayuran.^{6,8}

Menurut teori, zat besi berperan dalam transport oksigen yang dibutuhkan dalam metabolisme karbohidrat, protein, lemak untuk menghasilkan energi. Diketahui apabila ketersediaan oksigen terbatas dalam tubuh, akan terjadi penumpukan asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan otot. Ini yang dikenal dengan metabolisme anaerob.^{5,6,12,13}

Pengukuran pada tes ergometer sepeda, nilai VO_2Max sendiri berbeda pada tiap individu, di mana kondisi fisik seseorang mempengaruhi besarnya konsumsi oksigen maksimal. Seorang atlet yang sering berlatih akan memiliki nilai VO_2Max lebih tinggi dibandingkan yang tidak pernah berolahraga. Hal ini dapat diartikan bahwa intensitas latihan seseorang mempengaruhi hasil nilai VO_2Max ini. Aktivitas sebelum dilakukan latihan tiap individu berbeda satu sama lain juga mempengaruhi, orang yang habis melakukan aktivitas yang berat akan lebih mudah lelah dibandingkan yang tidak. Hereditas juga berpengaruh terhadap VO_2Max , seseorang bisa mempunyai potensi lebih besar dari orang lain untuk mengkonsumsi oksigen yang lebih tinggi dan mempunyai suplai pembuluh darah kapiler lebih baik terhadap otot – otot, mempunyai kapasitas paru yang lebih besar, dapat mensuplai

hemoglobin dan sel darah merah yang lebih banyak dan jantung lebih kuat. Hal lain yang mempengaruhi $VO_2\text{Max}$ seseorang yaitu status gizi, seseorang akan memiliki daya tahan lebih tinggi bila mengkonsumsi tinggi karbohidrat, diet tinggi protein terutama untuk memperbesar otot dan untuk olahraga yang memerlukan kekuatan otot yang besar. Rokok juga berpengaruh, kadar CO yang terhisap mengurangi nilai $VO_2\text{Max}$, yang berpengaruh terhadap daya tahan^{28,29}

Pengaruh pemberian suplemen besi pada kelelahan otot fase anaerob juga memberikan hasil yang tidak bermakna. Hal ini juga disebabkan faktor ketaatan setiap probandus dalam konsumsi suplemen besi selama seminggu sebelum latihan dan kondisi fisik seseorang yang berbeda satu sama lain. Aktivitas sebelum dilakukan penelitian juga mempengaruhi hasil selain dari pada intensitas olahraga itu sendiri.^{26,27,30}

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh McLane et al didapatkan bahwa bahwa tikus yang mengalami defisiensi besi mengalami kelelahan otot secara signifikan lebih cepat dibanding yang tidak mengalami defisiensi besi, di mana menurut penelitian tersebut disebutkan bahwa tikus yang mengalami defisiensi besi mengalami peningkatan LDH sehingga terjadi penimbunan asam laktat dalam otot. Penelitian lain yang dilakukan oleh Brutsaert T, dkk menyebutkan terdapat perbedaan ketahanan terhadap kelelahan yang pada otot extensor kaki perempuan yang diberikan suplemen besi.^{16,17}

Untuk penelitian selanjutnya, penulis mengusulkan untuk menggunakan dua tes untuk mengukur kelelahan otot pada fase anaerob yaitu wingate test dan vertical jump test sehingga dapat diperoleh perbandingan dari dua tes tersebut. Penelitian lebih lanjut juga perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian suplemen besi terhadap nilai $VO_2\text{Max}$ dengan mempertimbangkan faktor – faktor yang mempengaruhi ketahanan kardiorespirasi. Dianjurkan mengkonsumsi makanan yang mengandung vitamin C karena dapat membantu

penyerapan zat besi. Dengan demikian, penulis menyatakan kesanggupan untuk melakukan penelitian selanjutnya yang direkomendasikan.

SIMPULAN DAN SARAN

Proporsi subyek penelitian yang mengalami kelelahan pada kelompok yang mengkonsumsi suplemen besi, secara tidak signifikan lebih sedikit dibandingkan kelompok kontrol sehingga tidak ada pengaruh pemberian suplemen besi terhadap kelelahan otot pada fase anaerob

kelompok yang mengkonsumsi suplemen besi secara tidak signifikan memiliki rerata nilai VO_2Max lebih besar dari kelompok kontrol, sehingga dapat dinyatakan tidak ada pengaruh pemberian suplemen besi terhadap kelelahan otot fase aerob.

Perlu dilakukan tes untuk mengukur kelelahan otot pada fase anaerob yaitu dengan membandingkan antara hasil tes yang didapat dengan wingate test dan vertical jump test sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih akurat. Penelitian lebih lanjut juga perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian suplemen besi terhadap nilai VO_2Max dengan mempertimbangkan faktor – faktor yang mempengaruhi ketahanan kardiorespirasi. Dianjurkan mengkonsumsi makanan yang mengandung vitamin C karena dapat membantu penyerapan zat besi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dr. Hari Peni Julianti, M.Kes selaku ketua penguji Karya Tulis Ilmiah, dr. Setia rahardja Komala selaku penguji Karya Tulis Ilmiah, dr. Hardian selaku dosen pembimbing karya Tulis Ilmiah, seluruh Staf Laboratorium Fisiologi FK UNDIP serta keluarga, teman - teman satu kelompok, serta pihak – pihak yang itdak dapat penulis sebutkan satu - persatu, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Griwijoyo. *Ilmu Faal Olahraga: Fungsi Tubuh Manusia pada Olahraga Untuk Kesehatan dan Untuk Prestasi*. 2002;16 – 7
2. Silver MD. Use Of Ergogenic Aids By Athletes. *J Am Acad Orthop Surg*. 2001; 9:61-70
3. Guyton A. *Textbook Of Medical Physiology* 9th ed. Philadelphia:WB Saunders Company 1996;91 – 118

4. Ganong WF. Review of Medical Physiology 17th Ed. California: Appleton and Lange, 1995;60 – 8
5. Mayes PA. Nutrition. In Murray K. Harper's Biochemistry 25th Ed. California: Appleton and Lange, 2000;623 – 31
6. Almatsier S. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta. PT Gramedia Pustaka: 2001;248 – 57
7. Agung A. Pengaruh Perbaikan Gizi Kesehatan Terhadap Produktivitas Kerja. Fakultas MIPA Universitas Hindu Indonesia. Available from: URL: <http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/2%20naskah%20iga%20ary%20agung.pdf>
8. Sari A. Anemia Defisiensi Besi Pada Balita. Bagian Ilmu Kesehatan Masyarakat / Ilmu Kedokteran Pencegahan/Ilmu Kedokteran Komunitas Fakultas Kedokteran USU. Available from: URL : <http://library.usu.ac.id/download/fk/fk-arlinda%20sari2.pdf>
9. Muhammad A. Determination of Iron Deficiency in Chronic Disease Anemia by the Role Of STFR-F Index. Bagian Patologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada/RS Dr.Sardjito,Yogyakarta. 2007. Available from: <http://www.journal.unair.ac.id/filerPDF/IJCPML-12-1-03.pdf>.
10. Suhardjo, Kusharto MC. Prinsip – Prinsip Ilmu Gizi. Yogyakarta. Kanisius. 1999; 78 – 82.
11. Munoz M, Villar I, Garcia-Erce JA. An Update on Iron Physiology. World J Gastroenterol. 2009; 15(37): 4617 – 26.
12. Edgerton,V.R, ohira Y, hettiarachchi RJ.(1981). Rlrvation hemoglobin and work tolerance in iron deficient aubjects.
13. Ohira,Y, cehn, C>S, hegenauer J and salman,P. (1981) lactate and LDH in iron deficiency anemia.
14. Finch,C.A, gollnick, P.D, miller, L.R, dilman< E. and marcler,B. (1979) lactic asidosis as a result of iron deficiency
15. Beard LJ. Iron Biology in Immune Function, Muscle Metabolism and Neuronal Functioning. *Journal of Nutrition*. 2001; 131: 568S – 580S .
16. Brutsaert T, Hernandez S, Rivera J et al. Iron Supplementation Improves Progressive Fatigue Resistance During Dynamic Knee Extensor Exercise in Iron Depleted Nonanemic Woman. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2003; 77(2): 441 – 8.
17. McLane JA, Fell RD, McKay H, et al. Physiological and Biochemical Effect of Iron Deficiency on Rat Skeletal Muscle. *Am J Physiol Cell Physiol* 1981; 241: C47 – 54
18. Røsvik AS, Hervig T, Ulvik RJ, et al. Effect of Iron Supplementation on Iron Status During the First Week After Blood Donation. *Norway Med J Comp* 2009; 98:e249-56

19. Bechensteen AG, Per H, Halvorsen S, Whitelaw A, Lindemann R, Groggaard J, Hellebostad M. Erythropoietin, Protein, and Iron Supplementation and the Prevention of Anemia of Prematurity. *Archives of Disease in Childhood* 1993; 69: 19-23

20. Beneke R, Pollmann C, Bleif I, et al. Anaerobic is the Wingate Anaerobic. Test for Humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002 Aug;87(4-5):388-392.

21. American College of Sports Medicine. Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5th Edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 2006, Chapter 4.

22. Patterson DD, Peterson DF. Vertical jump and leg power norms for young adults. *Measurement In Physical Education And Exercise Science.* 2004;8(1):33 – 41

23. Anonym. Ferrous Sulfate: Drug Information by Lexi Comp. 2010. Available from: <http://www.merck.com/mmpe/lexicomp/ferrous%20sulfate.html>

24. Robotham JL, Lietman PS. Acute Iron Poisoning. In : *Am J Dis child.* Sept 1980 (134): 1-5

25. Boyle JS. Iron . available from <http://emedicine.medscape.com/article/1011689-overview>

26. Samsul Bahri, Joseph I. Sigit dan Yusanti Ditia P. Kadar Asam Laktat Hasil Metabolisme Atlet. Januari 2009. : 59–74

27. Suhartono. Pengaruh Kelelahan Otot Anggota Gerak Bawah terhadap Keseimbangan Postural pada Subyek yang Sehat. Available from <http://eprints.undip.ac.id/12496/1/2005FK4839.pdf>

28. Hernawati. *Produksi Asam Laktat pada Excercise Aerobic dan Anaerobic.* Available from: <http://file.upi.edu/ai.php?dir=Direktori/D%20-%20FPMIPA/JUR.../&file>

29. Yuliandari A. *the effect of programmed exercise to the change of maximal oxygen consumption (VO₂Max) value in 11 -13 years old tugu muda volleyball club semarang student.* Available from http://eprints.undip.ac.id/8090/1/Adhikarma_Uliyandari.pdf

30. Murtanto T. *Survei kapasitas vital paru dan VO₂Maximum pada pemain sepakbola persatuan sepak bola kabupaten blora. Universitas Negri Semarang.* 2005. Available from: <http://digilib.unnes.ac.id/gsd/collect/skripsi/index/assoc/HASH1b7a.../doc.pdf>