

**PENGARUH PEMBERIAN L-ARGININ TERHADAP KELELAHAN  
OTOT PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS  
SEBELAS MARET ANGKATAN 2008**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



**Dimas Yuliar Sevanto**

**G0008085**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**Surakarta**

*commit to user*  
**2012**



## PERSETUJUAN

**Skripsi dengan judul: Pengaruh Pemberian L-Arginin Terhadap Kelelahan Otot  
Pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Angkatan  
2008**

Dimas Yuliar S, G0008085, Tahun 2012

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan **Tim Ujian Skripsi**  
Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta

Pada Hari , Tanggal Januari 2012

Pembimbing Utama

Penguji Utama

**DR. Kiyatno, dr., PFK, M.Or**

NIP: 19480118 197603 1 002

**S. Andhy Yusuf, dr., M. Kes**

NIP: 19700607 200112 1 002

Pembimbing Pendamping

Anggota Penguji

**Sumardiyono, SKM, M.Kes**

NIP: 19650706 198803 1 002

**Sutarmiadji Djumargo P, Drs., M.Kes**

NIP: 19511211 198602 1 001

Tim Skripsi

**Muthmainah, dr., MKes.**

NIP: 19660702 199802 2001

*commit to user*

## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Surakarta, 9 Januari 2012

Dimas Yuliar Sevanto  
NIM. G.0008085

## ABSTRAK

**Dimas Yuliar S., G0008085, 2012.** Pengaruh Pemberian L-arginin terhadap Kelelahan Otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Angkatan 2008. Skripsi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

**Tujuan Penelitian:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh pemberian suplemen L-arginin terhadap kelelahan otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008.

**Metode Penelitian:** Penelitian ini bersifat eksperimental dengan desain penelitian *the post test only controlled group*. Sampel penelitian mahasiswa laki-laki Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008 dengan usia 20-23 tahun berjumlah 30 orang. Teknik pengambilan sampel *systematic random sampling*. Sampel dibagi dalam 2 kelompok, kelompok kontrol dan kelompok perlakuan, masing-masing terdiri dari 15 orang. Kelompok kontrol diberi plasebo 30 menit sebelum dilakukan pengukuran kelelahan otot dan kelompok perlakuan diberi suplemen L-arginin 30 menit sebelum dilakukan pengukuran kelelahan otot dengan dosis 3000 mg. Kelelahan otot diukur dengan indeks kelelahan yang diperoleh dari tes RAST. Sampel termasuk dalam kategori lelah bila indeks kelelahan  $> 10$ , dan termasuk kategori tidak lelah bila indeks kelelahan  $\leq 10$ . Data dianalisis dengan menggunakan uji *Chi Square*.

**Hasil Penelitian:** Hasil uji *Chi Square* menunjukkan adanya perbedaan kelelahan otot yang bermakna antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan yang diberi suplemen L-arginin ( $p < 0,05$ ).

**Simpulan Penelitian:** L-arginin dapat menunda terjadinya kelelahan otot pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008.

---

**Kata kunci:** L-arginin, kelelahan otot, indeks kelelahan

## ABSTRACT

**Dimas Yuliar S., G0008085, 2012.** The Effect of L-arginine Supplementation on Muscle Fatigue in Student of Medical Faculty 2008, Sebelas Maret University. Script, Faculty of Medicine, Sebelas Maret University, Surakarta

**Objectives:** This study aims to determine the effect of L-arginine supplementation on muscle fatigue in student of Medical Faculty 2008, Sebelas Maret University.

**Methods:** This was experimental research with the post test only controlled group design. The sample of this research were 30 male student of Medical Faculty Sebelas Maret University (20-23 years old range) that fulfilled the exclusion and inclusion criterias. Sampling technique was systematic random sampling. The samples were divided into 2 groups, control group and treatment groups, each consisting of 15 people. The control group given a placebo 30 minutes prior to measurement of muscle fatigue and treatment groups were given supplements of L-arginine 30 minutes prior to measurement of muscle fatigue at a dose of 3000 mg. Muscle fatigue were measured using RAST tests subsequently obtained an fatigue index. The sample included in the category of tired when fatigue index  $> 10$ , and includes categories not tired of fatigue when the index  $\leq 10$ . Data were analyzed using Chi Square test.

**Result:** The results of Chi Square test showed significant differences in muscle fatigue between control group with treatment group who were given supplements of L-arginine ( $p < 0,05$ ).

**Conclusion:** L-arginine may delay the occurrence of muscle fatigue in student of Medical Faculty 2008, Sebelas Maret University.

---

**Key words:** L-arginine, muscle fatigue, fatigue index

## PRAKATA

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Maha Suci Allah, dengan limpahan rahmat dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : **Pengaruh Pemberian L-Arginin terhadap Kelelahan Otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Angkatan 2008**. Kehormatan, kasih sayang, dan kedamaian semoga senantiasa terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, beserta orang-orang yang senantiasa mengikuti sunnahnya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menemui kendala dan hambatan, namun berkat bimbingan dan arahan serta bantuan berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikannya. Untuk itu dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Zainal Arifin Adnan, dr., Sp.PD-KR-FINASIM., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Muthmainah, dr., M.Kes., selaku Ketua Tim Skripsi Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Prof. Dr. Kiyatno, dr., PFK., M.Or., AIFO., selaku Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, saran, dan arahan dalam penelitian ini.
4. Sumardiyono, SKM., M.Kes., selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, saran, dan arahan dalam penelitian ini.
5. S.Andhy Yusup, dr., M. Kes., AIFM., selaku Penguji Utama yang telah berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.
6. Sutarmiadi Djumargo P., Drs., M.Kes., selaku Anggota Penguji yang telah berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.
7. Seluruh Staf Bagian Skripsi dan Staf Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.
8. Ayahanda Tulat Subekti dan Ibunda Esti Setiasih tercinta.
9. Kakak-kakakku (Titis Wulandari, S.T. dan Sinta Mayandari, S.H.).
10. Sahabat-sahabatku yang senantiasa memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi ini: Digdo, Basroni, Adhy, Herry, Novian, Alfin, dan Afandi.
11. Seluruh responden atas kesediannya ikut serta dalam penelitian ini.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Surakarta, 9 Januari 2012

Dimas Yuliar S.

*commit to user*



## DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka .....	5
1. L-arginin .....	5
2. Mekanisme Kontraksi Otot Rangka .....	9
3. Sistem Energi pada Kontraksi Otot .....	10
4. Kelelahan Otot .....	12
5. Hubungan L-arginin dengan Kelelahan Otot .....	17
6. Pengukuran Kelelahan Otot .....	21
B. Kerangka Pemikiran .....	23
C. Hipotesis.....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian .....	25
B. Lokasi Penelitian .....	25
C. Subjek Penelitian .....	25
D. Teknik Sampling .....	26
E. Identifikasi Variabel.....	26



F. Definisi Operasional Variabel .....	26
G. Alur Penelitian .....	29
H. Instrumentasi Penelitian .....	30
I. Bahan Penelitian .....	30
J. Cara Kerja .....	30
K. Teknik Analisis Data .....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN	
A. Karakteristik Sampel penelitian .....	33
B. Analisis Data .....	36
BAB V PEMBAHASAN .....	40
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan .....	47
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	49
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Distribusi Sampel Berdasarkan Usia .....	33
<b>Tabel 2.</b> Distribusi Sampel Berdasarkan IMT .....	34
<b>Tabel 3.</b> Distribusi Sampel Berdasarkan Tekanan Darah Diastolik .....	35
<b>Tabel 4.</b> Uji Statistik tentang Karakteristik Sampel Penelitian .....	37
<b>Tabel 5.</b> Uji <i>Chi Square</i> tentang Pemberian Suplemen L-arginin dengan Indeks Kelelahan .....	38

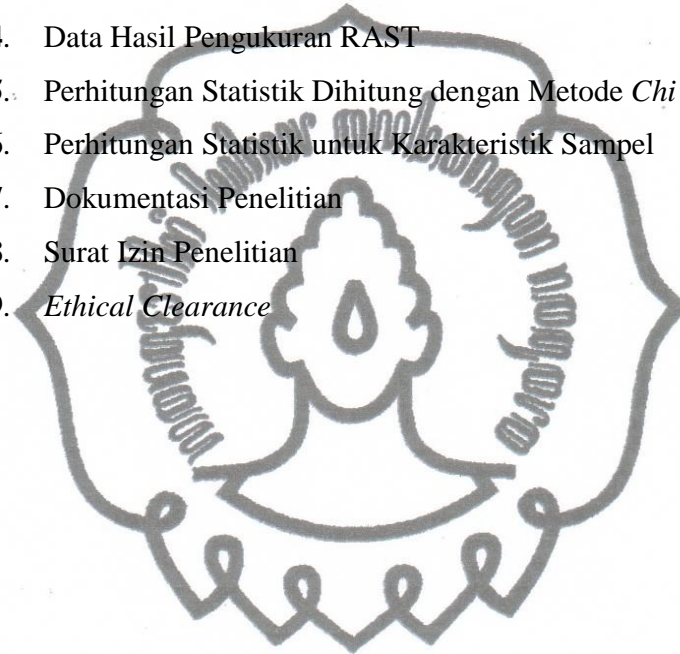


## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Jalur Sintesis L-arginin dan Prolin Beserta Enzim-Enzim yang Terlibat.....	7
<b>Gambar 2.</b> Konversi L-arginin Menjadi NO dan Sitrulin yang Dikatalisis Oleh Enzim NO Sintase .....	19
<b>Gambar 3.</b> Skema Kerangka Pemikiran .....	23
<b>Gambar 4.</b> Skema Langkah-Langkah Penelitian .....	29
<b>Gambar 5.</b> Persentase Sampel Menurut Kelompok Usia .....	34
<b>Gambar 6.</b> Persentase Sampel Menurut IMT .....	35
<b>Gambar 7.</b> Persentase Sampel Menurut Tekanan Darah Diastolik .....	36
<b>Gambar 8.</b> Grafik Persentase Antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan dengan Indeks Kelelahan .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** *Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q)*
- Lampiran 2.** Rumus Perhitungan RAST
- Lampiran 3.** Contoh Surat Persetujuan (*Informed Consent*)
- Lampiran 4.** Data Hasil Pengukuran RAST
- Lampiran 5.** Perhitungan Statistik Dihitung dengan Metode *Chi Square*
- Lampiran 6.** Perhitungan Statistik untuk Karakteristik Sampel
- Lampiran 7.** Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 8.** Surat Izin Penelitian
- Lampiran 9.** *Ethical Clearance*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Masalah

Kelelahan otot merupakan suatu kondisi yang diakibatkan oleh kontraksi otot yang kuat dan lama. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya kelelahan otot di antaranya: penurunan jumlah kreatin fosfat dalam otot, penurunan glikogen otot, pembentukan asam laktat, dan berkurangnya aliran darah ke otot (Guyton dan Hall, 2007). Kelelahan otot merupakan hal yang tidak bisa dihindari oleh para atlet ataupun individu yang aktif secara fisik (Maughan dan Gleeson, 2004). Beberapa cara telah ditempuh untuk mengurangi dan menunda terjadinya kelelahan otot. Antara lain dengan melakukan latihan fisik secara teratur dan mengonsumsi suplemen sebagai nutrisi tambahan bagi tubuh. Salah satu jenis suplemen yang dikonsumsi oleh atlet maupun individu yang aktif adalah asam amino L-arginin (Angeli dkk., 2007).

Banyak penelitian yang membuktikan bahwa pemberian suplemen L-arginin dapat meningkatkan kinerja fisik. Nagaya dkk (2001) meneliti pengaruh pemberian suplemen L-arginin terhadap kapasitas latihan pada pasien dengan hipertensi pulmonal. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan puncak konsumsi oksigen yang bermakna pada pasien tersebut. L-arginin dan suplemen yang berisi antioksidan juga dapat

meningkatkan *anaerobic threshold* pada pengendara sepeda usia tua (Chen dkk, 2010). Penelitian mengenai pengaruh L-arginin terhadap individu yang sehat belum banyak dilakukan, padahal sebagian besar individu yang mengonsumsi suplemen L-arginin merupakan individu sehat dan aktif secara fisik (William, 2005). Penelitian yang dilakukan oleh penulis berbeda dengan penelitian sebelumnya karena subjek yang digunakan adalah individu yang sehat dan aktif secara fisik.

L-arginin merupakan prekursor pembentukan kreatin fosfat dan nitrogen oksida (NO) (Sukmaningtyas, 2003). Kreatin fosfat yang terbentuk kemudian digunakan untuk membentuk kembali *Adenosine Triphosphate* (ATP) yang merupakan sumber energi dalam kontraksi otot (Guyton dan Hall, 2006). Sedangkan NO bekerja pada endotel pembuluh darah yang dapat menyebabkan relaksasi dan vasodilatasi pembuluh darah. Efek dari vasodilatasi pembuluh darah adalah semakin banyak substrat dan oksigen yang mengalir ke otot sehingga dapat menghambat pembentukan asam laktat dan terjadinya asidosis (Feeback, 2009)

Dalam olahraga, prestasi atlet dapat dibatasi oleh kelelahan fisik, terutama oleh kelelahan ototnya. Menunda kelelahan otot merupakan salah satu cara untuk meningkatkan prestasi olahraga (Astrand dkk, 1986). Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh L-arginin dalam menunda kelelahan otot. Penelitian ini dilakukan di lingkungan Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret dengan subjek

mahasiswa Fakultas Kedokteran angkatan 2008 yang memenuhi kriteria sebagai subjek penelitian.

## **B. Perumusan Masalah**

Apakah pemberian suplemen L-arginin dapat menunda terjadinya kelelahan otot pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008 ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh suplemen L-arginin terhadap kelelahan otot pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008.

## **D. Manfaat Penelitian**

### **1. Manfaat Teoritis**

- a. Memberi gambaran kepada pembaca tentang pengaruh suplemen L-arginin terhadap kelelahan otot.
- b. Meningkatkan pengetahuan pembaca mengenai manfaat dari suplemen L-arginin dalam aktivitas sehari-hari.

### **2. Manfaat Aplikatif**

- a. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suplemen L-arginin terhadap kinerja olahraga.



- b. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi masyarakat untuk menggunakan L-arginin sebagai suplemen untuk menunda kelelahan otot.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. L-arginin

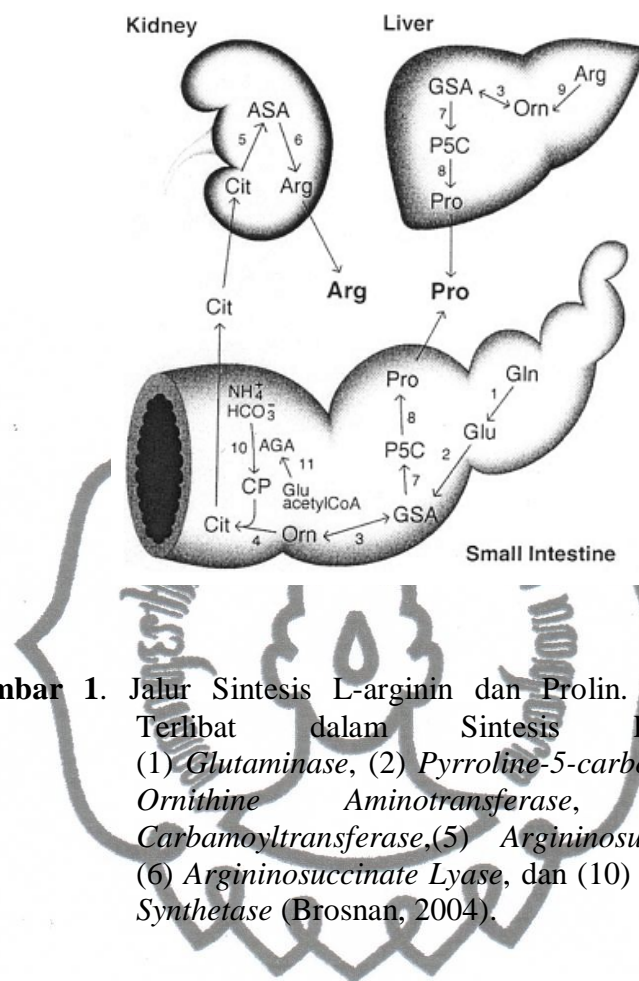
L-arginin termasuk asam amino non essensial kelompok dua atau kadang disebut sebagai asam amino semi-essensial dengan rumus kimia  $C_6H_{14}O_2N_4$  (Sukmaningtyas, 2003). Disebut semi-essensial karena bersifat non-essensial bagi organisme dewasa yang sehat, tetapi penting bagi organisme yang sedang dalam masa pertumbuhan, pasca trauma, ataupun dalam kondisi terkena penyakit. Kadar normal L-arginin dalam plasma adalah 100-200  $\mu M$  (Racke dkk, 2010). L-arginin biasa ditemukan dengan jumlah tinggi dalam protein nabati seperti kedelai, kacang, biji rami, (2-3 gram L-arginin tiap 100 gram) dan protein hewani seperti ikan tuna, ayam, dan ikan salmon (1-2 gram L-arginin tiap 100 gram) (USDA Nutrient Database for Standard References, 2006).

L-arginin disintesis dari glutamin melalui kerja berbagai macam enzim yaitu glutaminase, P5C sintase, *Ornithine Amino Transferase* (OAT), *Carbamoylphosphatase Syntase I* (CPS 1), *Ornithine Carbamoyl Transferase* (OCT), *Arginosuccinate Synthase* (ASS), dan *Arginosuccinate Lyase* (ASL) (Wu dan Morris, 1998). Glutamin yang merupakan prekursor dari L-arginin diubah menjadi L-ornitin lewat kerja enzim *Ornithine*

*commit to user*

*Amino Transferase* (OAT). Selanjutnya L-ornitin diubah menjadi L-sitrulin dengan bantuan enzim *Ornithine Carbamoyltransferase* (OCT), keseluruhan proses tersebut terjadi di usus halus (Brosnan, 2004). L-sitrulin yang terbentuk, selanjutnya akan beredar melalui pembuluh darah dan mengalami metabolisme di ginjal. Melalui kerja dari enzim *Arginosuccinate Synthase* (ASS) L-sitrulin diubah menjadi *L-argininosuccinate*. Tahap akhir dari pembentukan L-arginin adalah perubahan *L-argininosuccinate* menjadi L-arginin dengan bantuan enzim *Arginosuccinate Lyase* (ASL). Keseluruhan proses tersebut terjadi di tubulus kontortus proksimal ginjal yang juga mengekspresikan enzim arginase. Kurang lebih 60% sintesis arginin pada mamalia dewasa terjadi di ginjal (Wu dan Morris, 1998).

Setelah proses pencernaan, L-arginin dengan jumlah yang relatif kecil dimetabolisme oleh enterosit dan hati, sedangkan sisanya mencapai sirkulasi sistemik. L-arginin dapat dikonversi menjadi ornitin melalui kerja dari enzim arginase. Telah dilaporkan bahwa sebanyak 50% dari L-arginin yang dikonsumsi akan mengalami jalur metabolisme tersebut (Angeli dkk, 2007).



**Gambar 1.** Jalur Sintesis L-arginin dan Prolin. Enzim-Enzim yang Terlibat dalam Sintesis L-arginin adalah (1) *Glutaminase*, (2) *Pyrroline-5-carboxylate Synthase*, (3) *Ornithine Aminotransferase*, (4) *Ornithine Carbamoyltransferase*, (5) *Argininosuccinate Synthetase*, (6) *Argininosuccinate Lyase*, dan (10) *Carbamyl-phosphate Synthetase* (Brosnan, 2004).

Di dalam tubuh L-arginin mempunyai peranan penting dalam metabolisme nitrogen, sintesis protein, sebagai perantara dalam siklus urea, dan diperlukan dalam detoksifikasi amonia. L-arginin berpotensi untuk diubah menjadi glukosa (oleh karena itu diklasifikasikan dalam *glycogenic amino acid*). L-arginin juga digunakan dalam beberapa jalur metabolik yang menghasilkan berbagai macam senyawa aktif biologi lainnya seperti agmatin, glutamat, poliamin, ornitin, dan sitrulin (Campbell dkk, 2004). Di samping berfungsi dalam sintesis protein dan perantara

siklus urea, L-arginin juga merupakan substrat pembentukan NO dan sintesis kreatin fosfat (Sukmaningtyas, 2003).

Diet L-arginin kira-kira sebesar 2-6 gram tiap hari, tergantung pula dari kadar asupan protein (Paddon-Jones dkk, 2004). Menurut Boger (2007) pemberian L-arginin dengan dosis 3-8 gram tiap hari aman untuk dikonsumsi dan tidak menimbulkan efek farmakologis akut terhadap manusia. Terdapat berbagai macam dosis suplementasi oral L-arginin dalam beberapa penelitian, pemberian L-arginin dosis rendah 3-4 gram pernah digunakan dalam penelitian (Wilmore, 2004). Liu dkk (2010) pada penelitiannya mengenai pemberian L-arginin jangka pendek terhadap proses vasodilatasi dan kinerja fisik menggunakan L-arginin dengan dosis 6 gram. Dua macam dosis pemberian yaitu 3 gram dan 6 gram juga pernah digunakan dalam penelitian mengenai pengaruh L-arginin terhadap asam laktat dan  $VO_{2max}$ . Pada penelitian ini pengukuran asam laktat dan  $VO_{2max}$  dilakukan 30 menit setelah pemberian L-arginin (Feeback, 2009).

Efek dari L-arginin dipengaruhi oleh kadar *Asymmetric Dimethylarginine* (ADMA) endogen yang merupakan inhibitor kompetitif enzim NO sintase. Pada individu dengan kadar ADMA tinggi, perubahan L-arginin menjadi NO akan terganggu sehingga efek biologis NO akan berkurang. Pada beberapa keadaan, diet L-arginin dapat mengembalikan produksi NO mendekati kadar normal (Boger, 2007).

## 2. Mekanisme Kontraksi Otot Rangka

Otot adalah transduser biokimia utama yang mengubah energi potensial (kimiawi) menjadi kinetik (mekanis) (Murray, 2003). Kira-kira 40% dari seluruh tubuh terdiri dari otot rangka, dan sekitar 10% lainnya berupa otot polos dan otot jantung (Guyton dan Hall, 2008). Pembahasan ini akan menitik-beratkan pada mekanisme kontraksi otot rangka.

Setiap serabut otot merupakan sel tunggal yang berinti banyak, memanjang, silindrik, dan diliputi oleh sarkolema (Ganong, 2008). Sarkolema merupakan membran plasma yang mengelilingi sel-sel serabut otot dan dapat tereksitasi oleh listrik. Sel serabut otot mengandung banyak berkas miofibril yang tersusun sejajar dan terbenam dalam cairan intrasel yang disebut sarkoplasma. Di cairan ini terdapat glikogen, senyawa berenergi-tinggi ATP dan kreatin fosfat, serta enzim-enzim glikolisis (Murray, 2003). Setiap miofibril tersusun oleh sekitar 1500 filamen miosin yang berdekatan dan 3000 filamen aktin, yang merupakan molekul protein polimer besar yang bertanggung jawab untuk kontraksi otot yang sesungguhnya (Guyton dan Hall, 2008).

Timbul dan berakhirnya kontraksi otot terjadi dalam urutan tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Suatu potensial aksi berjalan di sepanjang sebuah saraf motorik sampai ke ujungnya pada serabut otot.
- b. Di setiap ujung, saraf menyekresi substansi neurotransmitter, yaitu asetilkolin, dalam jumlah sedikit.

*commit to user*



- c. Asetilkolin bekerja pada area setempat pada membran serabut otot untuk membuka banyak kanal “bergerbang asetilkolin” melalui molekul-molekul protein yang terapung pada membran.
- d. Terbukanya kanal bergerbang asetilkolin memungkinkan sejumlah besar ion natrium untuk berdifusi ke bagian dalam membran serabut otot dan menimbulkan potensial aksi.
- e. Potensial aksi akan berjalan di sepanjang membran serabut otot. Potensial aksi menyebabkan depolarisasi membran otot, dan menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan sejumlah besar ion kalsium yang telah tersimpan.
- f. Ion-ion kalsium akan berikatan dengan troponin, kompleks troponin selanjutnya akan mengalami perubahan bentuk yang akan menggeser posisi tropomiosin. Keadaan ini “menyingkap” bagian aktif dari aktin.
- g. Kepala jembatan silang dari filamen miosin menjadi tertarik ke bagian aktif di filamen aktin, dan hal ini dalam beberapa cara, dengan bantuan ATP akan menyebabkan kontraksi.
- h. Setelah kurang dari satu detik, ion kalsium dipompa kembali ke dalam retikulum sarkoplasma oleh pompa membran kalsium (Guyton dan Hall, 2008).

### 3. Sistem Energi pada Kontraksi Otot

ATP merupakan satu-satunya sumber energi yang dapat secara langsung digunakan dalam proses kontraksi dan relaksasi (Sherwood, 2001). Konsentrasi ATP dalam serabut otot kira-kira cukup untuk



mempertahankan kontraksi penuh hanya selama 1 sampai 2 detik. ATP tersebut dipecah untuk membentuk ADP, yang memindahkan energi dari molekul ATP ke perangkat kontraksi serabut otot. Lalu ADP mengalami refosforilasi untuk membentuk ATP baru untuk kontraksi dalam sepersekian detik lagi, yang membiarkan otot melanjutkan kontraksi. Terdapat beberapa sumber energi untuk proses refosforilasi ini (Guyton dan Hall, 2008).

Sumber energi pertama yang digunakan untuk menyusun kembali ATP adalah kreatin fosfat. Kreatin fosfat segera dipecah menjadi kreatin dan gugus fosfat dengan melepaskan sejumlah besar energi. Terlepasnya energi tersebut menyebabkan terikatnya sebuah ion fosfat baru pada ADP untuk menyusun kembali ATP. Pada waktu olahraga, kreatin fosfat dipecah di tempat pertemuan kepala miosin dengan aktin yang dapat menyebabkan kontraksi otot dapat berlanjut. (Guyton dan Hall, 2008; Ganong, 2008).

Sumber energi kedua adalah glikogen-asam laktat, glikogen yang tersimpan di dalam otot dapat dipecah menjadi glukosa dan dapat digunakan untuk energi, tahapan ini disebut glikolisis. Selama glikolisis, setiap molekul glukosa dipecah menjadi dua molekul asam piruvat, dan energi yang dilepaskan digunakan untuk membentuk kembali ATP. Biasanya, asam piruvat kemudian akan masuk ke mitokondria sel otot dan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk lebih banyak ATP. Akan tetapi bila tidak terdapat oksigen yang cukup, sebagian asam piruvat akan diubah

menjadi asam laktat, yang berdifusi keluar dari sel otot masuk ke dalam cairan interstisial dan darah (Guyton dan Hall, 2008).

Sumber energi berikutnya adalah sistem aerobik yang merupakan oksidasi bahan makanan (glukosa, asam lemak, dan asam amino) di dalam mitokondria untuk menghasilkan energi yang digunakan untuk mengubah AMP dan ADP menjadi ATP (Guyton dan Hall, 2008; Ganong, 2008).

#### 4. Kelelahan Otot

Kelelahan otot dapat didefinisikan sebagai ketidakmampuan otot untuk mempertahankan kekuatan yang diberikan atau diharapkan dan merupakan keadaan yang tak terelakkan dari latihan maksimal (Maughan dan Gleeson, 2004). Hal ini dihasilkan dari suatu kondisi dimana otot berkontraksi secara kuat dan berkepanjangan (Guyton dan Hall, 2008). Kelelahan otot bukanlah suatu proses yang sederhana, melainkan suatu mekanisme kompleks dengan banyak faktor yang berkontribusi. Selama aktivitas maksimal, kelelahan otot terutama disebabkan oleh penurunan bertahap produksi ATP anaerob atau peningkatan akumulasi ADP yang disebabkan oleh deplesi kreatin fosfat serta penurunan laju glikolisis (Maughan dan Gleeson, 2004).

ATP merupakan sumber energi secara langsung untuk kontraksi otot dan kreatin fosfat digunakan untuk resintesis ATP secepatnya sehingga pengosongan fosfagen intra seluler menyebabkan kelelahan otot (Fox, 1993). Ketika simpanan kreatin fosfat telah habis maka suplai energi

untuk kontraksi otot akan sangat berkurang. Hal inilah yang kemungkinan menyebabkan otot tidak dapat lagi bekerja maksimal dan dapat menyebabkan kelelahan otot. Pada pelari 1500 meter, kecepatan lari awal jauh lebih lambat dibandingkan dengan sprinter sehingga simpanan kreatin fosfat dapat bertahan lebih lama (Maughan dan Gleeson, 2004).

Penyebab lain terjadinya kelelahan otot adalah terjadinya penurunan pH intraseluler. Asam laktat, yang merupakan hasil dari glikolisis anaerob dapat menurunkan pH intraseluler sebesar 0,5 yang dapat mengarah kepada terjadinya asidosis (Allen, 2004). pH pada otot yang sedang beristirahat sekitar 7, hal ini penting untuk berlangsungnya proses seluler pada otot. Sebagai contoh, sebagian besar enzim bekerja optimal pada keadaan tersebut dan penurunan pH dapat mengganggu kerja enzim-enzim tersebut. Dalam keadaan lelah, pH dapat turun sampai angka 6,3. Hal inipun terjadi pada darah yang dalam keadaan istirahat memiliki pH sekitar 7,4, pada keadaan latihan maksimal dapat turun sampai angka 7,0. Terjadinya asidosis diikuti pula oleh meningkatnya konsentrasi ion  $H^+$  yang dapat menyebabkan terjadinya kelelahan melalui beberapa mekanisme yaitu: mengganggu rangkaian reaksi kimia yang bertanggung jawab dalam pembentukan energi lewat proses glikolisis anaerob. Mekanisme berikutnya dengan menghalangi mekanisme kontraktile. Ion  $H^+$  akan menurunkan konsentrasi  $Ca^{2+}$  yang dikeluarkan dari retikulum sarkoplasma dan mengganggu kapasitas mengikat  $Ca^{2+}$  oleh troponin, hal ini akan diperparah dengan terbentuknya *Phosphate inorganic* ( $P_i$ )

(Maughan dan gleeson, 2004; Westerblad dkk, 2002). Ion  $H^+$  dapat mengurangi aktivitas aktomiosin ATPase dan mungkin juga mempengaruhi pembentukan beberapa protein otot yang terlibat dalam kontraksi (Murray, 2003). Peningkatan konsentrasi ion  $H^+$  juga dapat menstimulasi akhiran saraf bebas pada otot, yang menyebabkan peningkatan sensasi nyeri yang menyertai latihan intensitas tinggi (Maughan dan Gleeson, 2004).

Akumulasi metabolit dan perubahan transportasi kalsium ( $Ca^{2+}$ ) juga berperan dalam terjadinya kelelahan. Hidrolisis ATP yang cepat selama latihan intensitas tinggi akan menyebabkan terakumulasinya  $P_i$  (Maughan dan Gleeson, 2004). Peningkatan konsentrasi  $P_i$  pada mioplasma dapat menurunkan kekuatan kontraksi selama terjadinya kelelahan dengan cara bekerja langsung pada fungsi *cross-bridge*.  $P_i$  menyebabkan berkurangnya sensitivitas myofibril terhadap  $Ca^{2+}$ . Peningkatan  $P_i$  juga dapat mengganggu transportasi  $Ca^{2+}$  pada retikulum sarkoplasma.  $P_i$  dapat bekerja langsung pada kanal  $Ca^{2+}$  di retikulum sarkoplasma, meningkatkan kemungkinan pembukaan kanal-kanal tersebut sehingga menyebabkan pelepasan  $Ca^{2+}$ . Hal tersebut akan meningkatkan konsentrasi  $Ca^{2+}$  dan meningkatkan tetani.  $P_i$  juga dapat menghambat ambilan  $Ca^{2+}$ . Pada jangka pendek, penghambatan ambilan  $Ca^{2+}$  dapat meningkatkan tetani. Mekanisme lain  $P_i$  dalam menimbulkan kelelahan dengan cara masuk ke dalam retikulum sarkoplasma, yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan  $Ca^{2+}$ -  $P_i$  sehingga  $Ca^{2+}$  akan sulit

untuk dilepaskan (Westerblad dkk, 2002). Mekanisme ini didukung oleh percobaan yang dilakukan oleh Fryer dkk (1995) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi  $P_i$  dapat menghambat pelepasan  $Ca^{2+}$  dari retikulum sarkoplasma.

Penyelidikan pada atlet menunjukkan bahwa kelelahan otot hampir berbanding langsung dengan kecepatan pengurangan glikogen otot. Pada percobaan-percobaan lain juga telah menunjukkan bahwa transmisi sinyal saraf melalui taut neuromuskular dapat berkurang setidaknya dalam jumlah kecil setelah aktivitas otot yang lama dan intensif, sehingga mengurangi kontraksi otot lebih lanjut. Hambatan aliran darah yang menuju otot yang sedang berkontraksi menyebabkan kelelahan otot hampir sempurna dalam satu atau dua menit karena kehilangan suplai makanan, terutama kehilangan oksigen (Guyton, dan Hall, 2008).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelelahan :

a. Jenis kelamin

Pada umumnya, sebagian besar nilai kuantitatif untuk wanita seperti kekuatan otot, ventilasi paru, dan curah jantung, yang semuanya berkaitan dengan massa otot bervariasi antara dua pertiga dan tiga perempat dari nilai yang didapatkan pada pria. Sebagian besar perbedaan kemampuan kerja otot secara keseluruhan terletak pada persentase tambahan tubuh pria yaitu otot, yang disebabkan perbedaan endokrin (Guyton, dan Hall, 2008).

#### b. Jenis latihan

Pada dasarnya terdapat 2 tipe serat otot yakni *slow twitch* dan *fast twitch*. *Slow twitch fibers* berkecepatan kontraksi lambat, resistensi terhadap kelelahan tinggi dan memiliki kapasitas aerobik tinggi. *Fast twitch fibers* berkontraksi cepat, resistensi terhadap kelelahan rendah dan tinggi dalam kemampuan anaerobik. *Twitch* menggambarkan respon kontraksi terhadap stimulus. *Slow twitch fibers* bersifat oksidatif dan digunakan untuk ketahanan, sedangkan *fast twitch fibers* bersifat glikolitik dan digunakan untuk aktivitas fisik kuat dan singkat (Battineli, 2000). Proporsi kedua tipe serat tersebut bervariasi di antara otot tubuh, bergantung pada fungsi. Proporsi juga bervariasi sesuai dengan jenis latihan; contohnya, jumlah *slow twitch fibers* di otot tungkai meningkat pada atlet yang berlatih maraton, sedangkan jumlah *fast twitch fibers* meningkat pada pelari cepat (Murray, 2003).

#### c. Komposisi lemak tubuh

Berbagai penelitian menunjukkan efek positif dan negatif dari lemak pada kesegaran jasmani. Otot atau jaringan bebas lemak secara umum memiliki efek yang menguntungkan karena berkaitan dengan produksi dan konduksi tenaga (*force*), sedangkan lemak yang berlebihan akan meningkatkan nilai metabolik latihan. Peningkatan sejumlah massa tubuh tanpa lemak dikaitkan dengan tingkat konsumsi oksigen maksimal. Namun lemak tubuh yang terlalu sedikit juga bisa mengakibatkan turunnya efektivitas kesegaran jasmani (Battineli, 2000).



IMT adalah cara termudah untuk memperkirakan obesitas serta berkorelasi tinggi dengan massa lemak tubuh, selain itu juga penting untuk mengidentifikasi pasien obesitas yang mempunyai risiko mendapat komplikasi medis. IMT mempunyai keunggulan utama yakni menggambarkan lemak tubuh yang berlebihan, sederhana dan bisa digunakan dalam penelitian populasi berskala besar. Pengukurannya hanya membutuhkan 2 hal yakni berat badan dan tinggi badan, yang keduanya dapat dilakukan secara akurat oleh seseorang dengan sedikit latihan. Keterbatasannya adalah membutuhkan penilaian lain bila dipergunakan secara individual. Salah satu keterbatasan IMT adalah tidak bisa membedakan berat yang berasal dari lemak dan berat dari otot atau tulang. IMT juga tidak dapat mengidentifikasi distribusi dari lemak tubuh (Utari, 2007).

## 5. Hubungan L-arginin dengan Kelelahan Otot

Para atlet mengonsumsi L-arginin karena tiga alasan yaitu: peranannya dalam sekresi *growth hormon* endogen; ikut serta dalam sintesis kreatin; dan peranan L-arginin sebagai prekursor NO (Campbell, dkk, 2004).

### a. Peranan L-arginin dalam sintesis kreatin

Kreatin atau metilguanidin asam asetat, atau N-[aminoiminometil]-N metilglisin, adalah senyawa yang terdapat dalam bahan makanan protein hewani (daging dan ikan) sebagai



sumber kreatin eksogen, dan juga dapat disintesis tubuh dari arginin, glisin dan metionin, sebagai sumber kreatin endogen (Wyss, 2000).

Sintesis kreatin diawali dengan pembentukan glikosamin (guanidoasetat) dari L-arginin dan glisin dengan bantuan dari enzim arginin-glisin transamidase. Tahap pertama pembentukan kreatin tersebut berlangsung di tubulus proksimal ginjal (Rodwell dalam Murray, 2003). Selanjutnya di hepar, glikosamin (guanidoasetat) mengalami proses metilasi menggunakan donor dari gugus metil S-Adenosil-Metionin (SAM) dengan bantuan enzim guanidoasetat metil transferase dan terbentuklah kreatin (Rodwell dalam Murray, 2003; Harris, dan Crabb dalam Devlin, 2006).

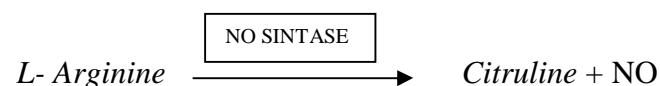
Kreatin yang terbentuk kemudian beredar ke jaringan lain dan sebagian besar terakumulasi di otot (Harris, dan Crabb dalam Devlin, 2006). 40% kreatin yang terakumulasi di otot berada dalam bentuk kreatin bebas dan 60% dalam bentuk kreatin fosfat. Kreatin fosfat mencegah deplesi cepat ATP dengan cara menyediakan fosfat berenergi-tinggi yang dapat digunakan untuk membentuk kembali ATP dari ADP. Apabila otot berkontraksi dimana diperlukan energi yang siap pakai dalam waktu cepat, kreatin fosfat akan mengalami defosforilasi menjadi kreatin dan fosfat berenergi tinggi untuk menghasilkan ATP sehingga kontraksi otot dapat berlanjut. (Wyss, 2000). Kreatin fosfat dibentuk dari ATP dan kreatin pada saat otot beristirahat dan kebutuhan akan ATP tidak terlalu besar. Enzim yang

mengatalisis fosforilasi kreatin adalah kreatin kinase (CK), suatu enzim spesifik-otot yang secara klinis bermanfaat untuk mendeteksi penyakit otot akut atau kronik (Murray, 2003).

b. L-arginin sebagai prekursor NO

L-arginin berfungsi sebagai prekursor molekul nitrogen oksida (NO) yang menghasilkan sinyal antar-sel. NO berfungsi sebagai neurotransmitter, relaksan otot polos, dan vasodilator. Konversi L-arginin menjadi NO, yang dikatalisis oleh enzim NO sintase, meliputi reaksi L-arginin dan O<sub>2</sub> yang bergantung-NADPH untuk menghasilkan L-sitrulin dan NO (Murray, 2003).

Pada langkah awal, L-arginin dioksidasi menjadi *N-hydroxy-L-arginine*. Kemudian *N-hydroxy-L-arginine* dioksidasi lagi menjadi NO dan sitrulin. Keseluruhan dari proses ini membutuhkan 2 molekul oksigen dan 1,5 molekul NADPH. Keseluruhan proses ini dikatalisis oleh enzim NO sintase (NOS) dan dapat dihambat oleh adanya karbon monoksida (Devlin, 2006).



**Gambar 2.** Konversi L-arginin Menjadi NO dan Sitrulin yang Dikatalisis Oleh Enzim NO Sintase (Murray, 2003).

Terdapat tiga isoform utama dari NOS yaitu neuronal (NOS I atau nNOS), inducible (NOS II atau iNOS), dan endothelial (NOS III atau eNOS) masing-masing memiliki aksi fisiologis yang berbeda.

Otot skeletal mengekspresikan ketiga bentuk dari NOS dengan jumlah NOS I yang terbanyak (Campbell, 2004).

NOS I banyak ditemukan di otot rangka dan sistem saraf, baik sistem saraf pusat maupun perifer. NO yang dihasilkan melalui kerja NOS I berperan sebagai neurotransmitter di sistem saraf pusat dan perifer. Sedangkan di otot rangka, berperan dalam perantara kekuatan kontraktilitas, innervasi otot yang sedang berkembang, dan kemungkinan terlibat dalam pengambilan glukosa (Devlin, 2006). Peningkatan kontraktilitas otot rangka oleh NO kemungkinan berhubungan dengan peningkatan kalsium intraseluler (Campbell, 2004). Penelitian yang dilakukan oleh Angeli dkk (2007) menunjukkan bahwa pemberian L-arginin melalui kerja dari NO dapat meningkatkan kekuatan ekstensi dan fleksi tungkai bawah. NOS II ditemukan terutama di neutrofil dan makrofag yang aktif, astrosit, dan hepatosit yang terlibat dalam proses respon imun (Devlin, 2006).

NOS III terutama ditemukan di sel endotel pembuluh darah, terdapat di sepanjang pembuluh darah dan miosit pada jantung (Devlin, 2006). *Endothelium-Derived Relaxing Factor* (EDRF) yang merupakan faktor pelepas pembuluh darah ternyata merupakan gas NO yang dibentuk dengan bantuan enzim NOS III. Senyawa ini bereaksi dengan gugus heme suatu guanilil siklase larut, yang menyebabkan kadar *Cyclic Guanosine Monophosphate* (cGMP) intrasel meningkat (Murray, 2003). Peningkatan kadar cGMP intrasel merangsang

aktivitas protein kinase dependen-cGMP tertentu yang mungkin memfosforilasi protein-protein otot spesifik, serta berbagai macam kanal termasuk *L-type calcium channel* yang menyebabkan inhibisi influk kalsium menuju sel otot polos endotel yang pada akhirnya akan menghambat terjadinya vasokonstriksi. Penghambatan vasokonstriksi pembuluh darah akan menyebabkan berkurangnya tekanan otot polos endotel dan terjadi vasodilatasi (Murray, 2003; Davlin, 2006).

Vasodilatasi menyebabkan peningkatan perfusi darah ke otot sehingga terjadi peningkatan suplai nutrisi (otot-otot akan mampu menghasilkan energi dalam jangka waktu yang lebih lama) dan oksigen (mencegah atau menunda terjadinya metabolik anaerob yang berakibat pada penurunan produksi asam laktat) (Angeli, dkk, 2007). Oksigen tersebut akan bereaksi dengan asam piruvat dalam mitokondria sel otot untuk membentuk lebih banyak ATP. Hal ini akan mencegah terbentuknya asam laktat dari asam piruvat yang dapat menyebabkan kelelahan otot (Guyton dan Hall, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Ohta dkk (2007) menunjukkan bahwa pemberian L-arginin meningkatkan aliran darah kapiler otot dalam keadaan istirahat maupun dalam beraktivitas sehingga dapat meningkatkan kerja otot dan kapasitas latihan.

## 6. Pengukuran Kelelahan Otot

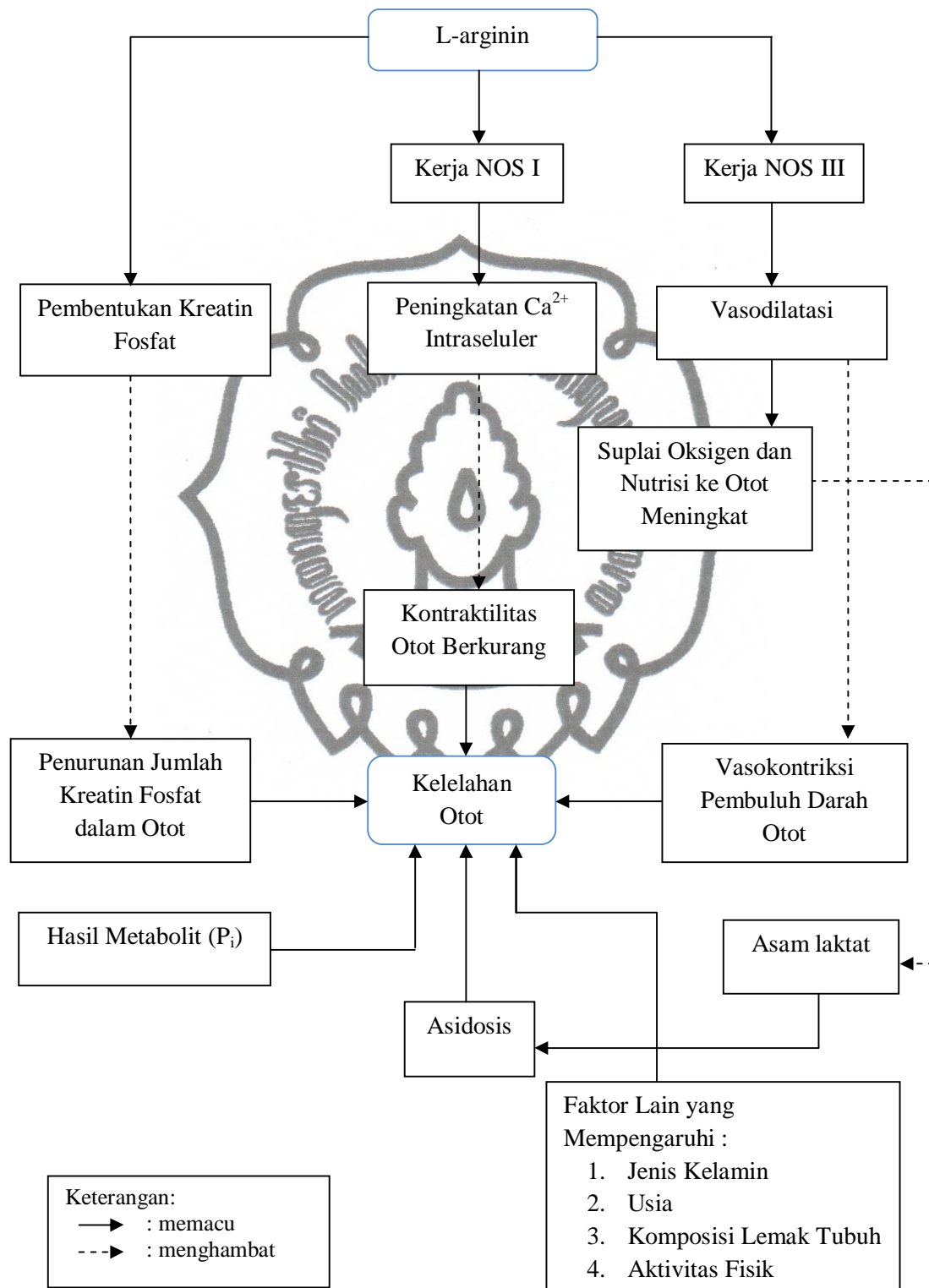
Kelelahan otot dapat diukur menggunakan beberapa metode yaitu *whole body exercise*, *single muscle group exercise*, dan *in vitro* (isolasi

otot, isolasi serabut otot, dan *skinned fiber*). Contoh pengukuran otot dengan cara *whole body exercise* adalah test Wingate dan *Running-based Anaerobic Sprint Tes* (RAST) (Allen, 2008).

RAST dikembangkan di Universitas Wolverhampton sebagai tes untuk olahraga yang bersifat anaerobik. Tes ini hampir sama dengan *Wingate Anaerobic 30 cycle Test* (WANT) yang dapat menyediakan data mengenai *peak power*, *average power* dan *minimum power*, serta indeks kelelahan (Balciunas dkk, 2006).

Letafatkar dkk (2009) menggunakan tes ini dalam percobaan mereka terutama karena validitas dan realibilitasnya. Tes WANT lebih spesifik untuk atlet sepeda, sedangkan RAST merupakan tes yang dapat digunakan oleh atlet dalam bentuk lari. Tes ini hanya memerlukan *stopwatch* dan kalkulator untuk beberapa perhitungan sederhana.

## B. Kerangka Pemikiran



Gambar 3. Skema Kerangka Pemikiran

### C. Hipotesis

Suplemen L-arginin dapat menunda terjadinya kelelahan otot pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008.





### BAB III

## METODE PENELITIAN

#### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain penelitian *the posttest only control grup* (Riyanto, 2010).

#### B. Lokasi Penelitian

Dilaksanakan di Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.

#### C. Subjek Penelitian

1. Populasi : Mahasiswa fakultas kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008 dengan jumlah 220 orang.
2. Sampel : Bagian dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.

##### a. Kriteria inklusi :

- 1) Bersedia ikut dalam penelitian
- 2) Jenis kelamin laki-laki
- 3)  $IMT > 18,5 - 25,0$

##### b. Kriteria eksklusi :

- 1) Sedang dalam perawatan penyakit tertentu
- 2) Tidak pernah menderita penyakit kardiovaskuler
- 3) Tidak meminum suplemen penambah tenaga

*commit to user*

- 4) Bukan seorang olahragawan
- 5) Tidak dapat menyelesaikan seluruh tes

Besar sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 30 orang berdasarkan kaidah *rule of thumb*.

#### **D. Teknik Sampling**

Teknik sampling yang dipakai adalah *systematic random sampling*, dimana setiap anggota populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk diambil sebagai sampel (Riyanto, 2010).

#### **E. Identifikasi Variabel**

1. Variabel bebas: Suplemen L-arginin
2. Variabel terikat: Kelelahan otot
3. Variabel luar:
  - a. Jenis latihan dan kesegaran jasmani
  - b. Tingkat kerjasama probandus
  - c. Kepekaan individu terhadap suplemen yang diberikan

#### **F. Definisi Operasional Variabel**

1. Variabel bebas

Suplemen L-arginin adalah suplemen berisi asam amino L-arginin yang diberikan secara oral kepada kelompok perlakuan. Suplemen yang diberikan dalam penelitian ini adalah KAL® L-arginin 1000 mg. Suplemen tersebut berupa kapsul dengan komposisi L-arginin 1000 mg. Dalam penelitian ini terdapat dua kelompok yaitu kelompok yang

mengonsumsi suplemen L-arginin dan kelompok yang tidak mengonsumsi L-arginin (mengonsumsi plasebo). Variabel ini termasuk dalam skala kategorik (kualitatif).

## 2. Variabel terikat

Kelelahan otot didefinisikan sebagai nilai indeks kelelahan  $> 10$  yang merupakan hasil konversi dari waktu tempuh lari dalam tes RAST. Pada penelitian ini kelelahan otot yang diukur merupakan kelelahan otot pada fase anaerob dan diukur menggunakan tes RAST. Hasil yang diperoleh dari tes RAST merupakan waktu tempuh sampel dalam 6 kali lari 35 meter, kemudian dikonversi menggunakan rumus perhitungan RAST sehingga didapatkan *maximum power*, *minimum power*, *avarage power*, dan indeks kelelahan. Indikator yang digunakan untuk menilai kelelahan otot adalah indeks kelelahan. Nilai indeks kelelahan  $\leq 10$  mengindikasikan kemampuan sampel dalam mempertahankan kinerja anaerobiknya (termasuk kategori tidak lelah). Nilai fatigue index  $> 10$  merupakan indikasi bahwa sampel perlu meningkatkan kinerja anaerobiknya dan juga meningkatkan toleransi terhadap asam laktat (termasuk kategori lelah). Termasuk skala kategorik (kualitatif).

## 3. Variabel luar

### a. Dapat Dikendalikan

#### 1) Jenis latihan dan kesegaran jasmani

Dapat didefinisikan sebagai frekuensi dan beratnya aktivitas yang dilakukan dalam seminggu serta kesanggupan sampel secara

*commit to user*

fisik untuk dapat mengikuti serangkaian tes dalam penelitian ini. Dapat diukur dengan *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q). Termasuk skala kategorik.

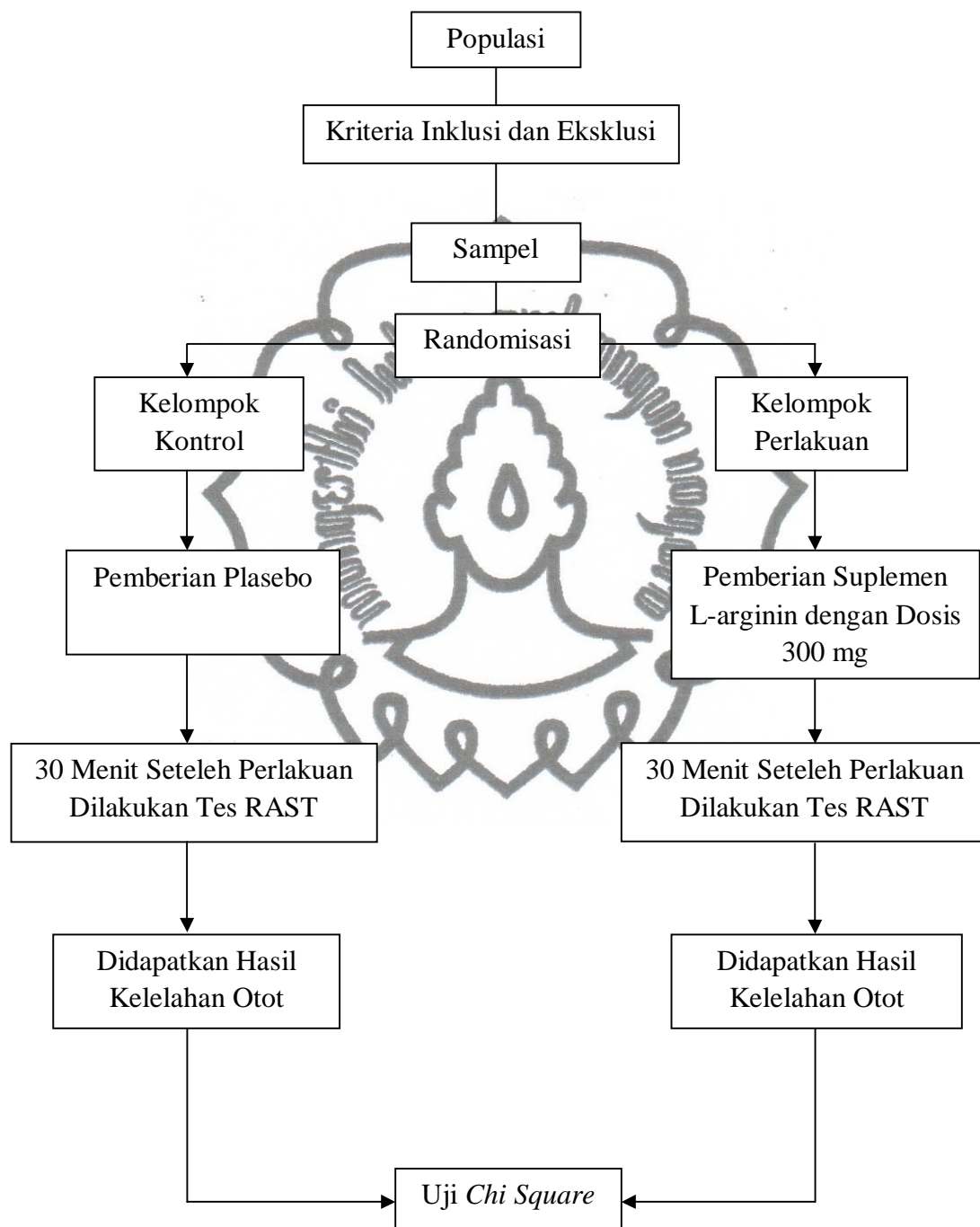
2) Tingkat kerjasama subjek

Tingkat kerjasama subjek merupakan kepatuhan subjek atas segala prosedur dalam penelitian. Dapat dikendalikan dengan cara memberikan penjelasan secara jelas dan menyeluruh mengenai prosedur penelitian yang akan dilakukan. Termasuk skala kategorik.

b. Tidak Dapat Dikendalikan

1) Kepekaan individu terhadap suplemen yang diberikan

Merupakan respon tiap sampel terhadap suplemen L-arginin yang diberikan. Hal ini tidak dapat dikendalikan karena masing-masing individu memiliki respon yang berbeda tergantung dari kadar ADMA dalam tubuhnya. Termasuk skala kategorik.

**G. Alur Penelitian****Gambar 4.** Skema Langkah-Langkah Penelitian

## H. Instrumentasi Penelitian

1. Lintasan lari 45 meter
2. Dua buah *Cones* sebagai pembatas
3. Dua buah *Stopwatch*

## I. Bahan Penelitian

1. Suplemen L-arginin dalam bentuk kapsul
2. Kapsul placebo

## J. Cara Kerja

1. Memilih sampel penelitian.
2. Sampel penelitian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.
3. Sampel yang termasuk dalam kelompok perlakuan diberi suplemen L-arginin, dengan dosis 3000 mg.
4. Sampel yang termasuk kelompok kontrol diberi plasebo.
5. 30 menit setelah pemberian suplemen L-arginin dan plasebo, dilakukan tes RAST. Cara kerja tes RAST sebagai berikut :
  - a. Menyiapkan lintasan lurus sepanjang 35 meter.
  - b. Sampel diukur berat badan.
  - c. Sampel melakukan pemanasan selama 10 menit untuk persiapan lari.
  - d. Sampel menggunakan start berdiri untuk memulai lari dan diminta untuk lari dengan kecepatan semaksimal mungkin.



- e. Asisten 2 memberikan aba-aba kepada sampel untuk memulai lari, sementara itu asisten 1 menyalakan *stopwatch* untuk mengukur waktu satu kali lari 35 meter.
  - f. Ketika sampel menyelesaikan lari 35 meter:
    - 1) Asisten pertama menghentikan *stopwatch*, mencatat waktu dan me-reset *stopwatch*.
    - 2) Asisten kedua menyalakan *stopwatch* untuk memberikan jeda waktu 10 detik agar sampel berputar arah dan persiapan lari berikutnya.
  - g. Ketika jeda waktu 10 detik berakhir, asisten kedua memberikan aba-aba lari dan asisten pertama mulai menyalakan *stopwatch*.
  - h. Langkah 5-7 diulang 6 kali.
  - i. Hasil waktu yang didapat dalam enam kali lari dimasukkan dalam rumus perhitungan RAST, lalu didapatkan hasil indeks kelelahan.
6. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistik.

#### K. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh akan diuji menggunakan uji statistik *Chi Square*.

Rumus manual uji *Chi Square* adalah  $\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$ . Jika syarat uji *Chi*

*Square* tidak terpenuhi maka digunakan uji *Fisher*. Adapun syarat uji *Chi Square* yaitu :

1. Sel-sel tidak boleh ada yang nol.
2. Nilai *expected* sel-sel harus  $> 5$ . Bila ada sel dengan nilai *expected*  $< 5$ ,  
*commit to user*  
 maksimal 20% dari jumlah sel.

Untuk mengukur hubungan antar dua buah variabel digunakan *Odds Ratio* (Dahlan, 2007).



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

Sampel penelitian ini merupakan mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta dengan jumlah 30 orang, dan terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok kontrol dan perlakuan (masing-masing 15 orang). Seluruhnya berjenis kelamin laki-laki, dengan rentang usia antara 20-23 tahun. Berikut ini disampaikan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

#### A. Karakteristik Sampel Penelitian

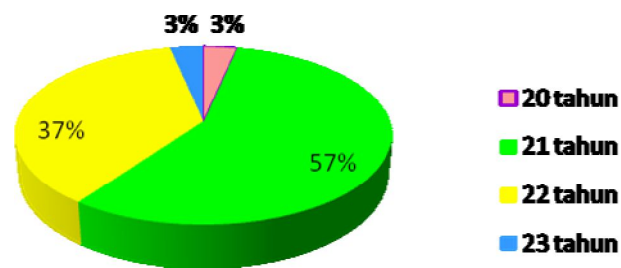
**Tabel 1.** Distribusi Sampel Berdasarkan Usia

No	Usia (tahun)	Kelompok Kontrol		Kelompok Perlakuan		Jumlah	Persen
		Frekuensi	Persen (%)	Frekuensi	Persen (%)		
1	20	0	0,00	1	6,67	1	3,33
2	21	9	60,00	8	53,33	17	56,67
3	22	5	33,33	6	40,00	11	36,67
4	23	1	6,67	0	0,00	1	3,33
Jumlah		15	100,00	15	100,00	30	100,00

(Sumber: Data Primer, 2012)

Berdasarkan data pada tabel 1 sampel dengan usia termuda (20 tahun) sebanyak 1 orang. Sampel dengan usia tertua (23 tahun) sebanyak 1 orang. Sedangkan sampel penelitian terbanyak berusia 21 tahun dengan jumlah 17 orang (56,67 %).

*commit to user*



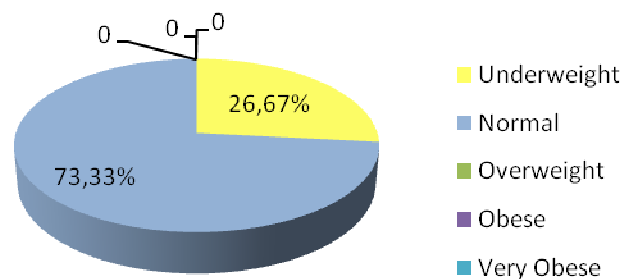
**Gambar 5.** Persentase Sampel Menurut Kelompok Usia

World Health Organization (WHO), tahun 2004 membagi Indeks Massa Tubuh (IMT) menjadi 5 kategori. Kategori IMT dari WHO dapat dilihat pada tabel 2, yang disertai data distribusi sampel berdasarkan IMT.

**Tabel 2.** Distribusi Sampel Berdasarkan IMT

IMT	Kategori	Kontrol		Perlakuan		Jumlah	Persentase
		<i>f</i>	Persen (%)	<i>f</i>	Persen (%)		
< 20,00	<i>Underweight</i>	5	33,33	3	20,00	8	26,67
20,00 – 25,00	<i>Normal</i>	10	66,67	12	80,00	22	73,33
25,01 – 29,99	<i>Overweight</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00
> 30,00	<i>Obese</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00
> 40,00	<i>Very obese</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Jumlah		15	100	15	100	30	100

(Sumber: Data Primer, 2012)



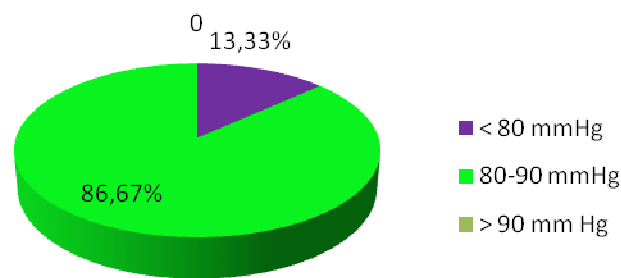
**Gambar 6.** Persentase Sampel Menurut IMT

Tabel 2 dan gambar 6 menunjukkan bahwa sebagian besar sampel termasuk dalam kategori IMT *normal* (73,33 %). Sedangkan 26,67 % lainnya termasuk dalam kategori *underweight*. Dalam penelitian ini tidak didapatkan sampel yang tergolong dalam *overweight*, *obese*, maupun *very obese*.

**Tabel 3.** Distribusi Sampel Berdasarkan Tekanan Darah Diastolik

No	Tekanan Darah Diastolik (mmHg)	Kelompok Kontrol		Kelompok Perlakuan		Jumlah	Persentase
		Frekuensi	Persen (%)	Frekuensi	Persen (%)		
1	< 80	1	6,67	3	20,00	4	13,33
2	80-90	14	93,33	12	80,00	26	86,67
3	> 90	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Jumlah		15	100,00	15	100,00	30	100,00

(Sumber: Data Primer, 2012)



**Gambar 7.** Persentase Sampel Menurut Tekanan Darah Diastolik

Tabel 3 dan gambar 7 menunjukkan bahwa hampir seluruh sampel (86,67 %) memiliki tekanan darah diastolik antara 80-90 mmHg. Sedangkan sisanya yaitu sebesar 13,33 % memiliki tekanan darah diastolik kurang dari 80 mmHg. Pada penelitian ini tidak didapatkan sampel dengan tekanan darah diastolik lebih dari 90 mmHg.

## B. Analisis Data

Dilakukan uji statistik untuk mengetahui apakah karakteristik sampel penelitian antara kelompok kontrol dan kelompok penelitian memiliki perbedaan yang bermakna atau tidak.



**Tabel 4.** Uji Statistik tentang Karakteristik Sampel Penelitian

Karakteristik Sampel	Kelompok Kontrol (Rerata $\pm$ SD)	Kelompok Perlakuan (Rerata $\pm$ SD)	p
Umur	21,53 $\pm$ 0,641	21,33 $\pm$ 0,617	0,497*
IMT	21,200 $\pm$ 1,67	21,6887 $\pm$ 1,919	0,464 <sup>#</sup>
Tekanan Darah Diastolik	80,67 $\pm$ 4,577	78,00 $\pm$ 4,140	0,108*

\* = Uji Mann-Whitney

(Sumber: Data Primer, 2012)

# = Uji T-tidak berpasangan

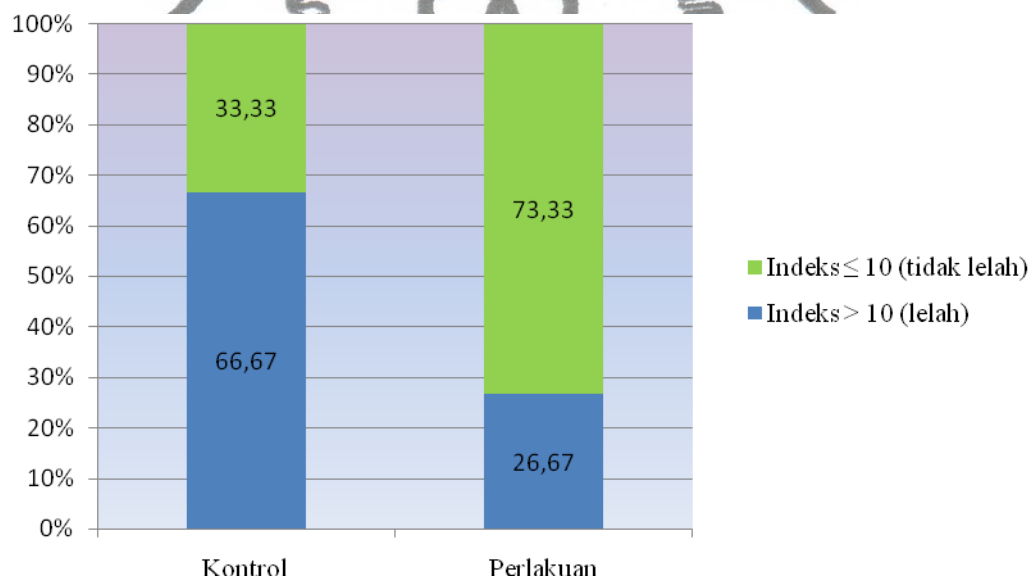
Dari tabel di atas terlihat bahwa hasil pengukuran IMT, tekanan darah diastolik, dan umur terdapat perbedaan tidak bermakna antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan. Sehingga dalam penelitian ini, umur, IMT, dan juga tekanan darah diastolik tidak mempengaruhi hasil pengukuran variabel bebas maupun variabel terikat.

Data dalam penelitian ini dianalisis dengan uji *Chi Square*, dengan uji tersebut dapat diketahui apakah hubungan yang teramati antara kedua variabel secara statistik bermakna. Penelitian ini mengamati hubungan antara variabel bebas pemberian suplemen L-arginin dengan variabel terikat indeks kelelahan otot. Setelah hasil *Chi Square* didapat maka dapat dilihat nilai signifikasinya. Hubungan bermakna jika  $p < 0.05$ .

**Tabel 5.** Uji *Chi Square* tentang Pemberian Suplemen L-arginin dengan Indeks Kelelahan

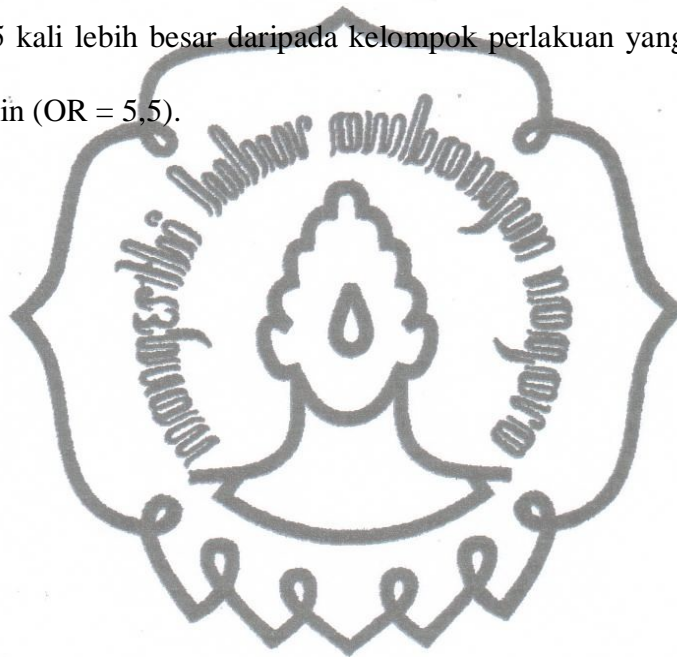
Variabel	Indeks Kelelahan		Total	p
	>10 (lelah)	≤ 10 (tidak lelah)		
Kontrol (diberi plasebo)	10	5	15	-
Perlakuan (diberi suplemen L-arginin)	4	11	15	0.028

(Sumber: Data Primer, 2012)

**Gambar 8.** Grafik Persentase antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan dengan Indeks Kelelahan.

Dari tabel 5 dan gambar 8 didapatkan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan > 10 (tergolong kategori lelah) sebanyak 10 orang (66,67 %) dan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan ≤ 10 (tergolong kategori tidak lelah) sebanyak 5 orang (33,33 %). Pada kelompok perlakuan didapatkan

4 orang (26,67 %) dengan indeks kelelahan  $> 10$  (tergolong kategori lelah) dan 11 orang (73,33 %) dengan indeks kelelahan  $\leq 10$  (tergolong kategori tidak lelah). Hasil uji *Chi Square* terhadap hubungan antara pemberian suplemen L-arginin dengan kelelahan otot, menunjukkan hubungan yang bermakna ( $p = 0.028$ ). Kelompok kontrol memiliki risiko terjadinya kelelahan otot 5,5 kali lebih besar daripada kelompok perlakuan yang diberi suplemen L-arginin ( $OR = 5,5$ ).



## BAB V

### PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan sejak bulan November sampai dengan Desember 2011 di lingkungan Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta dan didapatkan subjek penelitian sebanyak 30 mahasiswa laki-laki. Dipilihnya mahasiswa laki-laki karena laki-laki memiliki massa otot satu setengah kali lebih besar daripada wanita serta memiliki kebugaran fisik yang lebih tinggi (Guyton dan Hall, 2008).

Distribusi sampel penelitian berdasarkan tabel 1 didapatkan bahwa sampel penelitian paling banyak berusia 21 tahun sebanyak 17 orang (56,67 %) diikuti usia 22 tahun 11 orang (36,67%), 23 tahun sebanyak 1 orang (3,33 %), dan 20 tahun yang juga berjumlah 1 orang (3,33 %). Hasil ini sudah cukup mewakili semua kelompok umur di Fakultas Kedokteran angkatan 2008. Peningkatan usia mempengaruhi kekuatan otot seseorang. Peningkatan usia akan meningkatkan kekuatan otot hingga mencapai puncak pada usia 25-30 tahun, selanjutnya akan mengalami penurunan secara perlahan (Patterson, dkk, 2004).

Dari tabel 2 didapatkan 22 orang (73,33 %) sampel penelitian memiliki IMT yang tergolong dalam kategori *normal*. Sedangkan 26,67 % lainnya termasuk dalam kategori *underweight* dan tidak didapatkan sampel yang termasuk kategori *overweight*, *obese*, maupun *very obese*. IMT merupakan salah satu cara terbaik untuk menghitung komposisi lemak dalam tubuh. IMT juga sangat berpengaruh

*commit to user*

terhadap kesegaran jasmani seseorang (Abdul Kadir, 2000). Hal ini disebabkan karena otot atau jaringan bebas lemak secara umum memiliki efek yang menguntungkan karena berkaitan dengan produksi dan konduksi tenaga (*force*). Peningkatan sejumlah massa tubuh tanpa lemak juga dikaitkan dengan peningkatan konsumsi oksigen maksimal (Battineli, 2000).

Distribusi sampel penelitian berdasarkan tabel 3 didapatkan bahwa sampel terbanyak memiliki tekanan diastolik 80-90 mmHg sejumlah 26 orang (86,67 %). Sebanyak 4 orang (13,33 %) memiliki tekanan darah diastolik kurang dari 80 mmHg. Mahasiswa dengan tekanan darah diastolik lebih dari 90 mmHg tidak diikutsertakan dalam penelitian ini. Karena tekanan darah di atas 90 mmHg termasuk kategori hipertensi, apabila akan melakukan olahraga dengan intensitas tinggi harus di bawah pengawasan tenaga medis.

Dari hasil uji statistik ketiga karakteristik di atas didapatkan nilai p untuk masing-masing karakteristik sampel tersebut. Umur ( $p = 0,497$ ), IMT ( $p = 0,464$ ), dan tekanan darah diastolik ( $p = 0,108$ ). Hasil dari uji statistik tersebut didapatkan nilai  $p > 0,05$ , sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang tidak bermakna antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

Kelelahan otot dapat didefinisikan sebagai keadaan dimana otot tidak dapat berkontraksi atau bekerja secara maksimal sesuai dengan yang diharapkan oleh individu yang sedang melakukan latihan fisik (Maughan dan Gleeson, 2004). Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan otot yaitu penurunan jumlah kreatin fosfat dalam otot; turunnya pH intrasel sebagai akibat dari

terakumulasinya asam laktat yang merupakan hasil akhir dari glikolisis anaerob; akumulasi metabolit hasil kontraksi yang berupa *Phospat Inorganic* ( $P_i$ ) dan perubahan transportasi kalsium ( $Ca^{2+}$ ); pengurangan glikogen otot; berkurangnya transmisi saraf melalui taut neuromuskular dalam jumlah kecil setelah aktivitas otot yang lama dan intensif; serta hambatan aliran darah yang menuju otot yang sedang berkontraksi ( Guyton dan Hall, 2008).

L-arginin memiliki beberapa mekanisme dalam menunda kelelahan otot dengan jalan menghambat beberapa faktor yang menyebabkan kelelahan otot. L-arginin berperan penting sebagai prekursor utama dalam sintesis kreatin yang selanjutnya akan disimpan dalam otot dalam bentuk kreatin fosfat yang dapat mencegah deplesi cepat ATP (Rodwell dalam Murray, 2003). Peran L-arginin selanjutnya yaitu sebagai prekursor molekul nitrogen oksida (NO) yang menghasilkan sinyal antar-sel (Murray, 2003). Melalui kerja dari enzim NO sintase I (NOS I), NO sintase II (NOS II), dan NO sintase III L-arginin diubah menjadi NO yang memiliki peran sebagai neurotransmitter di sistem saraf pusat dan perifer (Devlin, 2006). Selain itu NO juga berperan untuk menghambat terjadinya vasokonstriksi pembuluh darah yang selanjutnya akan menimbulkan vasodilatasi dan melancarkan peredaran darah beserta nutrisi dan oksigen ke otot (Angeli, dkk, 2007).

Pada penelitian ini kelelahan otot diukur dengan menggunakan tes RAST (*Running-based Anaerobic Sprint Test*). Tes ini merupakan tes spesifik untuk mengukur kapasitas anaerobik seseorang (Balciunas dkk, 2006). Pada tes ini sampel berlari 6 x 35 meter, dimana tiap kali lari sampel diminta untuk



mengerahkan seluruh kecepatan, kekuatan, dan kemampuannya. Waktu tempuh lari kemudian diolah dengan menggunakan rumus perhitungan RAST untuk memperoleh indeks kelelahan. Indeks inilah yang digunakan untuk mengukur apakah seseorang mengalami kelelahan atau tidak. Indeks kelelahan  $\leq 10$  menunjukkan bahwa sampel tidak mengalami kelelahan otot yang berat selama melakukan tes RAST. Sebaliknya bila Indeks kelelahan  $> 10$  menunjukkan bahwa sampel mengalami kelelahan (Allen, 2008). Waktu tempuh beserta indeks kelelahan masing-masing sampel dapat dilihat di lampiran. Kelelahan otot pada fase anaerob dipilih karena penelitian mengenai pengaruh L-arginin terhadap latihan anaerob yang memiliki intensitas tinggi dan durasi yang cenderung singkat, sangatlah sedikit. Sebagian besar penelitian mengenai L-arginin dihubungkan dengan fungsi kardiorespiratorik dan juga kapasitas aerob.

Sebelum dilakukan tes RAST sampel diminta untuk mengisi kuesioner PAR-Q untuk mengetahui apakah sampel dapat melakukan latihan atau aktivitas dengan intensitas tinggi. Apabila sampel menjawab TIDAK pada semua pertanyaan dalam PAR-Q atau terdapat 1 jawaban YA tetapi dengan alasan yang tidak membuat pasien dilarang untuk melakukan latihan intensitas tinggi maka sampel dapat diteliti kapasitas anaerobnya dengan menggunakan tes RAST. Sampel yang dapat diteliti mengisi *informed consent* sebelum melakukan tes RAST.

Dari tabel 5 dan gambar 8 didapatkan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan  $> 10$  (tergolong kategori lelah) sebanyak 10 orang (66,67 %) dan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan  $\leq 10$  (tergolong kategori tidak lelah)

sebanyak 5 orang (33,33 %). Pada kelompok perlakuan didapatkan 4 orang (26,67 %) dengan indeks kelelahan  $> 10$  (tergolong kategori lelah) dan 11 orang (73,33 %) dengan indeks kelelahan  $\leq 10$  (tergolong kategori tidak lelah). Tidak didapatkan sel-sel yang nol dan juga tidak terdapat nilai *expected count* kurang dari 5, nilai *expected count* minimal adalah 7,00 sehingga data ini dapat diuji dengan menggunakan uji *Chi Square*. Analisis bivariat terhadap hubungan antara pemberian suplemen L-arginin dengan kelelahan otot didapatkan nilai  $p = 0,028$  ( $p < 0,05$ ). Sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima yang menunjukkan bahwa pemberian suplemen L-arginin berpengaruh terhadap kelelahan otot.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian L-arginin sebelum melakukan latihan fisik dengan intensitas tinggi dan jangka waktu yang singkat (bersifat anaerob) dapat menunda terjadinya kelelahan otot selama latihan. Hasil ini sedikit berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Feedback, 2009 yang menunjukkan bahwa pemberian L-arginin per oral dapat menurunkan kadar asam laktat dalam darah hanya saja penurunan ini tidak signifikan. Hal ini terjadi dimungkinkan karena asam laktat bukanlah satu-satunya faktor yang menyebabkan kelelahan otot. Penelitian yang dilakukan oleh Feedback ini juga menunjukkan hubungan yang bermakna antara pemberian L-arginin dengan  $VO_{2max}$  yang merupakan salah satu parameter untuk mengukur kebugaran aerobik dan ketahanan kardiorespiratorik serta dipercaya memiliki hubungan dengan kesehatan, prestasi kerja, dan olahraga (Sharkey, 2003).

Faktor lain yang menyebabkan kelelahan otot adalah berkurangnya kontraktilitas otot (Guyton dan Hall, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh

Angeli, dkk (2007) menunjukkan bahwa pemberian L-arginin oral dapat meningkatkan efek dari latihan beban, kekuatan kontraksi otot, dan massa otot. Dalam penelitian ini juga dijelaskan bahwa pemberian L-arginin dapat menurunkan persentase lemak dalam tubuh.

Masih banyak faktor lain yang dapat menyebabkan kelelahan otot. L-arginin bekerja dengan menghambat faktor-faktor lain yang dapat menimbulkan terjadinya kelelahan otot, di antaranya dengan pembentukan kreatin yang selanjutnya akan disimpan dalam otot sebagai kreatin fosfat. Kreatin fosfat mencegah deplesi cepat ATP dengan cara menyediakan fosfat berenergi tinggi yang dapat digunakan untuk membentuk kembali ATP dari ADP (Wyss, 2000). Kerja L-arginin yang lain melalui jalur pembentukan NO dengan bantuan NOS I dapat berperan sebagai neurotransmitter di sistem saraf pusat dan perifer. Sedangkan di otot rangka, berperan dalam perantara kekuatan kontraktilitas, innervasi otot yang sedang berkembang, dan kemungkinan terlibat dalam pengambilan glukosa (Devlin, 2006). Kerja L-arginin selanjutnya dengan bantuan enzim NOS III yaitu dengan menyebabkan inhibisi influk kalsium menuju sel otot polos endotel yang pada akhirnya akan menghambat terjadinya vasokonstriksi. Hal ini dapat meningkatkan perfusi darah ke otot sehingga terjadi peningkatan suplai nutrisi (otot-otot akan mampu menghasilkan energi dalam jangka waktu yang lebih lama) (Murray, 2003; Devlin, 2006).

Masih terdapat beberapa faktor penyebab kelelahan otot yang tidak bisa dihindari oleh kerja L-arginin seperti pembentukan hasil metabolit berupa  $P_i$  dan juga pembentukan asam laktat yang menyebabkan pH menurun. Hal inilah yang

menyebabkan pengaruh L-arginin dalam penelitian ini hanya sebatas menunda terjadinya kelelahan otot bukanlah mencegah dan menghilangkan kelelahan otot secara sempurna.

Untuk mengukur hubungan antara dua buah variabel digunakan *Odds Ratio*. Kelompok kontrol memiliki risiko terjadinya kelelahan otot 5,5 kali lebih besar daripada kelompok perlakuan yang diberi suplemen L-arginin (OR = 5,5; CI 95% 1,145 s.d 26,412).

Karena keterbatasan biaya dan waktu, pada penelitian ini tidak mengukur kadar *Asymmetric Dimethylarginine* (ADMA) pada seluruh sampel. ADMA merupakan inhibitor kompetitif enzim NO sintase. Tiap individu memiliki kadar ADMA yang berbeda sehingga menyebabkan efek L-arginin berbeda-beda pada tiap individu (Boger, 2007).

Dalam penelitian ini, peneliti mengalami beberapa kendala. Antara lain alat pencatat waktu lari berupa *stopwatch* digital yang kurang akurat. Seharusnya digunakan alat pencatat waktu yang lebih akurat seperti *timing gates*. Namun, karena keterbatasan biaya alat tersebut tidak dapat digunakan pada penelitian ini. Selain itu, pada penelitian ini juga sulit untuk mengendalikan aktivitas fisik yang dilakukan sampel sebelum penelitian dan kondisi fisik seseorang yang berbeda satu sama lain. Aktivitas sebelum dilakukan penelitian juga mempengaruhi hasil yang diperoleh selain dari intensitas olahraga itu sendiri.

## BAB VI

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemberian suplemen L-arginin sebelum melakukan aktivitas fisik intensitas tinggi dan singkat (bersifat anaerob) dapat menunda terjadinya kelelahan otot pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008. Kelompok kontrol memiliki risiko terjadinya kelelahan otot 5,5 kali lebih besar daripada kelompok perlakuan yang diberi suplemen L-arginin.

#### B. Saran

1. Kepada para peneliti perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan subjek penelitian yang lebih homogen ditinjau dari aktivitas dan kondisi fisik seperti pada mahasiswa dengan program studi olahraga atau anggota Pelatihan Nasional (Pelatnas) olahraga tertentu.
2. Mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh L-arginin terhadap kelelahan otot maupun parameter kinerja olahraga lainnya baik pada individu sehat maupun dalam kondisi sakit.
3. Kepada para peneliti dapat menggunakan tes lain dalam mengukur kelelahan otot seperti *Wingate anaerobic cycle test*, *Cunningham and Faulkner test*, ataupun *vertical jump test* sehingga dapat dijadikan bahan perbandingan dari hasil tes-tes tersebut.

*commit to user*

4. Menggunakan alat pengukur waktu yang lebih akurat seperti *timing gates* untuk mengukur waktu lari dalam tes RAST.

