

**PENGARUH PEMBERIAN KREATIN TERHADAP KELELAHAN OTOT  
PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS  
SEBELAS MARET ANGKATAN 2008**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



**Digdo Aji Raharjo**

**G0008082**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**Surakarta**

*commit to user*  
**2012**



## PERSETUJUAN

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

Digdo Aji Raharjo, G0008082, 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

Digdo Aji Raharjo  
NIM. G.0008082

## ABSTRAK

**Digdo Aji Raharjo, G0008082, 2012.** Pengaruh Pemberian Kreatin 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 Kreatin 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 20-22 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 60 menit sebelum dilakukan pengukuran kelelahan otot dan kelompok perlakuan diberi suplemen Kreatin 60 menit sebelum dilakukan pengukuran kelelahan otot dengan dosis 5000 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 Kreatin ( $p < 0,05$ ).

**Simpulan Penelitian:** Kreatin dapat menunda terjadinya kelelahan otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008.

---

**Kata kunci:** Kreatin, kelelahan otot, indeks kelelahan

## ABSTRACT

**Digdo Aji Raharjo, G0008082, 2012.** The Effect of Creatine 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 Creatine supplementation on muscle fatigue in student of Medical Faculty, Sebelas Maret University Grade 2008.

**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 (20-22 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 60 minutes prior to measurement of muscle fatigue and treatment groups were given supplements of Creatine 60 min prior to measurement of muscle fatigue at a dose of 5000 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 Creatine ( $p < 0,05$ ).

**Conclusion:** Creatine may delay the occurrence of muscle fatigue in student of medical faculty, Sebelas Maret University Grade 2008.

---

**Key words:** Creatine, muscle fatigue, fatigue index

## PRAKATA

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Pengaruh Pemberian Kreatin terhadap Kelelahan Otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Angkatan 2008**. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW.

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., selaku Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, dan arahan dalam penelitian ini.
4. Sumardiyono, SKM., M.Kes., selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak memberikan bimbingan, 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. Sutarmiadji Djumargo P, Drs., M.Kes., selaku Anggota Penguji yang telah berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.
7. Ayah, ibu, kakakku atas dukungan, semangat dan cinta kasih yang telah kalian berikan.
8. Seluruh Staf Bagian Skripsi dan Staf Laboratorium Fisiologi FK UNS yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
9. Sahabat-sahabatku yang senantiasa memberikan motivasi dalam penyusunan skripsi ini: Dimas, Basroni, Adhy, Herry, Novian, Imam, Alvin dan Afandi.
10. Teman-teman Pendidikan Dokter 2008 atas kesediannya ikut serta dalam penelitian ini.
11. 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

Digdo Aji Raharjo



## DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<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 .....	4
1. Kreatin .....	4
2. Mekanisme Kontraksi Otot Rangka .....	6
3. Sistem Energi pada Kontraksi Otot .....	9
4. Kelelahan Otot .....	10
5. Hubungan Kreatin dengan Kelelahan Otot .....	16
6. Pengukuran Kelelahan Otot .....	20
B. Kerangka Pemikiran .....	21
C. Hipotesis.....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian .....	23
B. Lokasi Penelitian .....	23
C. Subjek Penelitian .....	23
D. Teknik Sampling .....	24
E. Identifikasi Variabel.....	24



F. Definisi Operasional Variabel .....	24
G. Alur Penelitian .....	27
H. Instrumentasi Penelitian .....	28
I. Bahan Penelitian .....	28
J. Cara Kerja .....	28
K. Teknik Analisis Data .....	29
BAB IV HASIL PENELITIAN	
A. Karakteristik Sampel Penelitian .....	31
B. Analisis Data .....	34
BAB V PEMBAHASAN .....	37
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan .....	42
B. Saran .....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	43
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Distribusi Sampel Berdasarkan Usia .....	31
<b>Tabel 2.</b> Distribusi Sampel Berdasarkan IMT .....	32
<b>Tabel 3.</b> Distribusi Sampel Berdasarkan Tekanan Darah Diastolik .....	33
<b>Tabel 4.</b> Uji Statistik tentang Karakteristik Sampel Penelitian .....	34
<b>Tabel 5.</b> Uji <i>Chi Square</i> tentang Pemberian Suplemen Kreatin dengan Indeks Kelelahan .....	35

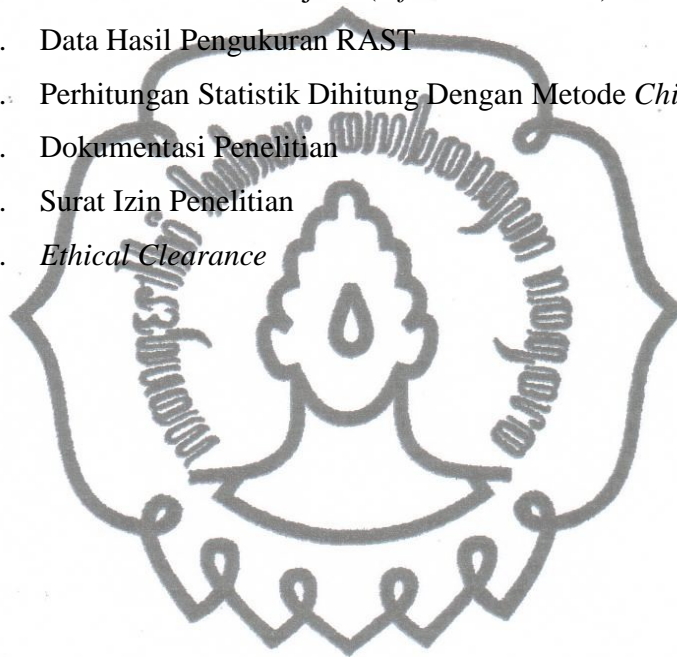


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Biosintesis Kreatin .....	5
<b>Gambar 2.</b> Reaksi Pembentukan Kreatin Fosfat dan ATP .....	18
<b>Gambar 3.</b> Skema Kerangka Pemikiran .....	21
<b>Gambar 4.</b> Skema Alur Penelitian .....	27
<b>Gambar 5.</b> Persentase Sampel Menurut Kelompok Usia .....	32
<b>Gambar 6.</b> Persentase Sampel Menurut IMT .....	33
<b>Gambar 7.</b> Persentase Sampel Menurut Tekanan Darah Diastolik .....	34
<b>Gambar 8.</b> Grafik Persentase antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan dengan Indeks Kelelahan .....	35

## 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.** Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 7.** Surat Izin Penelitian
- Lampiran 8.** *Ethical Clearance*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Kelelahan otot merupakan hal yang sering dikeluhkan oleh atlet maupun individu yang sedang melakukan latihan fisik. Kelelahan otot adalah 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). Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan otot yaitu deplesi ATP; turunnya pH intrasel akibat akumulasi asam laktat; akumulasi metabolit hasil kontraksi yang berupa *phospat inorganic* (Pi) 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, 2008; Murray, 2003; Sheerwood, 2001; Westerblad dkk, 2002). Beberapa cara untuk menunda kelelahan otot adalah 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 kreatin (Flanagan dkk., 2004).

Dewasa ini, kreatin telah menjadi salah satu suplemen yang paling banyak digunakan di dunia dengan konsumsi global per tahun diperkirakan sebesar 2,7 juta kilogram (Williams dkk, 1999). Pada dasarnya kreatin

termasuk dalam kategori suplemen makanan. Suplemen makanan merupakan produk yang dapat melengkapi kebutuhan zat gizi makanan, mengandung satu atau lebih bahan berupa vitamin, mineral, asam amino atau bahan lain yang mempunyai nilai gizi dan atau efek fisiologis dalam jumlah terkonsentrasi (Robert dkk, 2001). Banyak atlet mengkonsumsi kreatin untuk meningkatkan kinerjanya dalam aktivitas yang intensitasnya tinggi dan durasinya singkat (Murray, 2003). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kreatin dapat memberikan pengaruh yang positif kepada kinerja otot (Murray, 2003).

Kreatin terbentuk dari asam amino arginin, glisin, dan metionin (Roberts dkk, 2001). Yquel dkk (2002) menunjukkan bahwa pemberian suplemen kreatin dapat meningkatkan resintesis kreatin fosfat, menurunkan akumulasi fosfat inorganic (Pi) dan mencegah penurunan pH. Kreatin fosfat mencegah deplesi ATP yang cepat dengan menyediakan fosfat energi-tinggi yang siap digunakan untuk menghasilkan kembali ATP dari ADP (Murray, 2003). Deplesi ATP, peningkatan akumulasi Pi dan penurunan pH berkaitan dengan mekanisme kelelahan otot (Westerblad dkk, 2002).

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 kreatin dalam menunda kelelahan otot. Penelitian ini dilakukan di lingkungan fakultas kedokteran Universitas Sebelas Maret

dengan sampel mahasiswa fakultas kedokteran angkatan 2008 yang memenuhi kriteria sebagai subyek penelitian.

## **B. Perumusan Masalah**

Apakah pemberian suplemen Kreatin memberikan pengaruh terhadap kelelahan otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008 ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh suplemen Kreatin 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 kreatin terhadap kelelahan otot.
  - b. Meningkatkan pengetahuan pembaca mengenai manfaat dari suplemen kreatin dalam aktivitas sehari-hari.
2. Manfaat Aplikatif
  - a. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suplemen kreatin terhadap performa olahraga.
  - b. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi masyarakat untuk menggunakan kreatin sebagai suplemen untuk menunda kelelahan otot.

*commit to user*



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

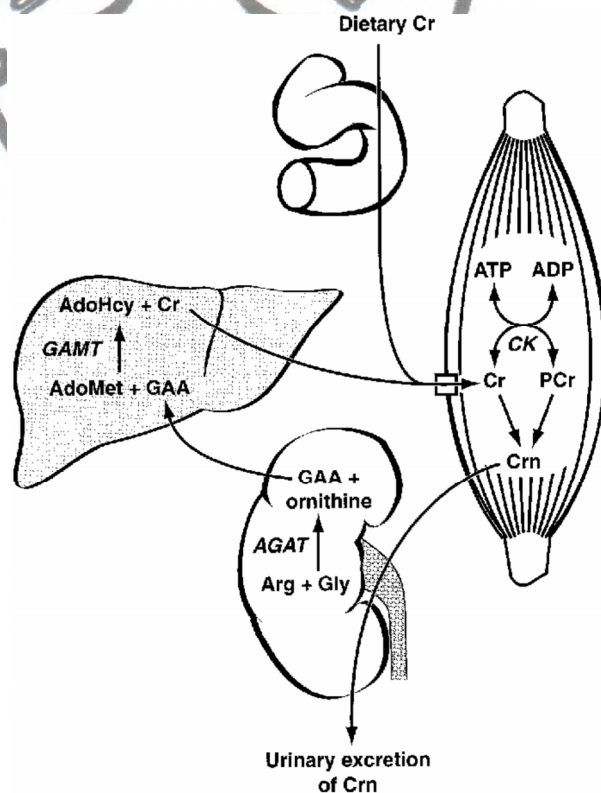
##### 1. Kreatin

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 Kreatin dan glisin dengan bantuan dari enzim arginin-glisin transamidase. Tahap pertama pembentukan kreatin tersebut berlangsung di tubulus proksimal ginjal (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 (Murray, 2003; Devlin, 2006). Kreatin yang telah terbentuk kemudian masuk ke sirkulasi dan jaringan yang memerlukannya dengan bantuan *kreatin transporter* (pengangkut kreatin) (Wyss, 2000).

Di jaringan, sebagian kreatin akan mengalami degradasi menjadi kreatinin dan kemudian diekskresikan melalui ginjal. Orang dengan berat

*commit to user*

badan 70 kg akan memiliki 120 gram kreatin (bentuk bebas dan bentuk fosfat), dan 2 gram/hari dari kreatin tersebut diubah menjadi kreatinin. Degradasi sebanyak 2 gram/hari ini harus digantikan melalui makanan sehari-hari (Williams dkk, 1999). Sebagian besar (90%) kreatin dalam tubuh disimpan di otot, 40% di antaranya dalam bentuk kreatin bebas dan 60% dalam bentuk kreatin fosfat. 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. Sebagian kreatin akan mengalami refosforilasi kembali menjadi kreatin fosfat dan sebagian lagi akan mengalami degradasi menjadi kreatinin (Wyss, 2000).



**Gambar 1.** Biosintesis Kreatin (Wyss, 2000)

*commit to user*

Suplemen kreatin dalam bentuk monohidrat yang dikonsumsi secara oral sebanyak 5 gram akan meningkatkan kadar plasma kreatin sebesar lima sampai sepuluh kali lipat setelah sekitar 1 jam (Balsom dkk, 1994). Peningkatan kadar plasma kreatin pada gilirannya meningkatkan gradien konsentrasi darah/otot. Hasilnya, banyak kreatin dalam darah diangkut dan tersimpan dalam sel otot. Dengan waktu paruh 1-1,5 jam, kadar kreatin dalam darah tetap tinggi untuk jangka waktu yang singkat (Havenetidis dkk, 2003). Mengulangi dosis ini 4-5 kali per hari dengan interval 4 jam akan menjaga konsentrasi kreatin plasma terus meningkat dan membantu pergerakan kreatin dari darah ke dalam sel otot dengan laju yang konstan sepanjang hari (Flanagan dkk, 2004).

## 2. Mekanisme Kontraksi Otot Rangka

Otot yaitu jaringan tunggal yang terbesar dalam tubuh manusia merupakan transduser biokimia utama yang mengubah energi potensial (kimiawi) menjadi kinetik (mekanis) (Murray, 2003). 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 dan 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).

Langkah-langkah penggabungan eksitasi-kontraksi dan relaksasi otot terjadi dalam urutan tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Asetilkolin yang dikeluarkan dari ujung terminal neuron motorik mengawali potensial aksi di sel otot yang merambat ke seluruh permukaan membran.
- b. Aktivitas listrik permukaan dibawa ke bagian tengah (sentral) serat otot oleh tubulus T.
- c. Penyebaran potensial aksi di tubulus T mencetuskan pelepasan simpanan  $\text{Ca}^{2+}$  dari kantung-kantung lateral retikulum sarkoplasma di dekat tubulus.
- d.  $\text{Ca}^{2+}$  yang dilepaskan berikatan dengan troponin dan mengubah bentuknya, sehingga kompleks troponin-tropomiosin secara fisik tergeser ke samping, membuka tempat perikatan jembatan silang aktin.
- e. Bagian aktin yang telah terpajan tersebut berikatan dengan jembatan silang myosin, yang sebelumnya telah mendapat energi dari penguraian ATP menjadi  $\text{ADP} + \text{Pi} + \text{energi}$  oleh ATPase myosin di jembatan silang.
- f. Pengikatan aktin dan myosin di jembatan silang menekuk, menghasilkan suatu gerakan mengayun kuat yang menarik filamen

tipis ke arah dalam. Pergeseran ke arah dalam dari semua filament tipis yang mengelilingi filament tebal memperpendek sarkomer (yaitu kontraksi otot).

- g. Selama gerakan mengayun yang kuat tersebut, ADP dan Pi dibebaskan dari jembatan silang.
- h. Perlekatan sebuah molekul ATP baru memungkinkan terlepasnya jembatan silang, yang mengembalikan bentuknya ke konformasi semula.
- i. Penguraian molekul ATP yang baru oleh ATPase myosin kembali memberikan energi bagi jembatan silang.
- j. Apabila  $\text{Ca}^{2+}$  masih ada sehingga kompleks troponin-tropomiosin tetap tergeser ke samping, jembatan silang kembali menjalani siklus pengikatan dan penekukan, menarik filament tipis selanjutnya.
- k. Apabila tidak lagi terdapat potensial lokal dan  $\text{Ca}^{2+}$  secara aktif telah kembali ke tempat penyimpanannya di kantung lateral reticulum sarkoplasma, kompleks troponin-tropomiosin bergeser kembali keposisinya menutupi tempat pengikatan jembatan silang aktin, sehingga aktin dan myosin tidak lagi berikatan di jembatan silang, dan filament tipis bergeser kembali ke posisi istirahat seiring dengan terjadinya proses relaksasi (Sheerwood, 2001).

### 3. Sumber Energi untuk Kontraksi Otot

ATP merupakan satu-satunya sumber energi yang dapat secara langsung digunakan dalam proses kontraksi-relaksasi. Tiga langkah berbeda pada proses kontraksi-relaksasi memerlukan ATP:

- a. Penguraian ATP oleh ATPase myosin menghasilkan energi bagi jembatan silang untuk melakukan gerakan mengayun yang kuat.
- b. Pengikatan (bukan penguraian) molekul ATP segar ke myosin memungkinkan terlepasnya jembatan silang dari filament aktin pada akhir gerakan mengayun, sehingga siklus dapat diulang. ATP ini kemudian diuraikan untuk menghasilkan energi bagi ayunan jembatan silang berikutnya.
- c. Transportasi aktif  $\text{Ca}^{2+}$  kembali ke retikulum sarkoplasma selama relaksasi bergantung pada energi yang berasal dari penguraian ATP.

Di jaringan otot ATP yang tersedia untuk dapat segera digunakan terbatas, tetapi terdapat tiga jalur yang dapat memasok ATP tambahan sesuai keperluan selama kontraksi otot (Sheerwood, 2001).

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 untuk mengubah AMP dan ADP menjadi ATP. (Guyton dan Hall, 2008; Ganong, 2008).

#### **4. Kelelahan Otot**

Kelelahan otot adalah ketidakmampuan untuk mempertahankan kekuatan yang diberikan atau diharapkan oleh individu yang melakukan latihan dan merupakan keadaan yang tak terelakkan dari latihan intensitas tinggi (Maughan dan Gleeson, 2004). Hal ini terjadi apabila otot yang berolahraga tidak lagi dapat berespons terhadap rangsangan dengan tingkat



aktivitas kontraktile yang setara. Penyebab mendasar kelelahan otot belum jelas (Sherwood, 2001). Faktor-faktor yang diperkirakan terutama berperan adalah habisnya cadangan energi (kreatin fosfat dan glikogen), penumpukan produk metabolic ( $H^+$ , Pi, dan asam laktat), dehidrasi, peningkatan suhu tubuh dan berkurangnya aliran darah ke otot (Guyton, 2008; Murray, 2003; Sheerwood, 2001; Westerblad dkk, 2002).

ATP merupakan sumber energi secara langsung untuk kontraksi otot dan kreatin fosfat digunakan untuk resintesa 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 bekerja maksimal lagi dan dapat menyebabkan kelelahan otot (Maughan dan Gleeson, 2004). Pada kenyataannya, usaha kontraktile berintensitas tinggi yang berlangsung singkat, misalnya lari jarak dekat atau loncat tinggi, sebagian besar ditunjang oleh ATP yang berasal dari penguraian kreatin fosfat. Sistem energi lain tidak memiliki kesempatan untuk bekerja sebelum aktivitas tersebut usai (Sheerwood, 2001).

Penyebab lain terjadinya kelelahan otot adalah terjadinya penurunan pH intraseluler. Asam laktat, yang merupakan hasil dari glikolisis anareob 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 (Maughan dan Gleeson, 2004).

Asidosis karena asam laktat diikuti pula oleh meningkatnya konsentrasi ion  $H^+$  yang dapat menyebabkan terjadinya kelelahan otot. Peningkatan  $H^+$  dapat mempengaruhi fungsi otot melalui sejumlah cara yaitu menurunkan  $V_{\text{mak}}$  enzim fosfofruktokinase, mengurangi pelepasan  $Ca^{2+}$  dari retikulum sarkoplasma dan mengganggu kapasitas mengikat  $Ca^{2+}$  oleh troponin, mengurangi aktivitas aktomiosin ATPase, menstimulasi akhiran saraf bebas pada otot yang menyebabkan peningkatan sensasi nyeri dan mungkin juga dengan mempengaruhi pembentukan beberapa protein otot yang terlibat dalam kontraksi (Brooks dkk, 1999; Murray, 2003).

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 2 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 masa 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 kebugaran jasmani. Otot atau jaringan bebas lemak secara umum memiliki efek yang menguntungkan karena hal ini berkaitan dengan produksi dan konduksi tenaga (*force*), sedangkan lemak yang berlebihan dilaporkan akan meningkatkan nilai metabolik latihan. Peningkatan sejumlah masa tubuh tanpa lemak dikaitkan dengan tingkat konsumsi oksigen maksimal. Namun lemak tubuh yang terlalu sedikit juga bisa mengakibatkan turunnya efektivitas kebugaran jasmani (Battinelli, 2000).

IMT adalah cara termudah untuk memperkirakan obesitas serta berkorelasi tinggi dengan masa 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 Kreatin terhadap Kelelahan Otot

Suplemen kreatin mungkin dapat menunda kelelahan otot melalui beberapa cara yaitu dengan meningkatkan kreatin total otot, meningkatkan cadangan fosfagen otot (kreatin fosfat), meningkatkan resintesis kreatin fosfat selama fase pemulihan, dan menekan degradasi adenine nukleotida yang mungkin juga akan menekan akumulasi asam laktat saat latihan (Balsom dkk, 1994; Engelhardt dkk, 1998; Mujika dkk, 1997; Vandebueire dkk, 1998; Williams dkk, 1998). Penelitian menggunakan  $^{31}\text{P}$  *magnetic resonance* menunjukkan bahwa pemberian suplemen kreatin dapat meningkatkan resintesis kreatin fosfat, menurunkan akumulasi fosfat inorganic (Pi) dan mencegah penurunan pH (Yquel dkk, 2002).

Pembentukan kreatin fosfat tergantung pada kreatin, kreatin kinase, dan ATP ( $\text{kreatin} + \text{ATP} \rightarrow \text{kreatin fosfat} + \text{ADP}$ ) (Greenhaff, 1999). Peningkatan konsentrasi ATP dan kreatin ketika cadangan energi bertambah pada otot yang beristirahat cenderung menyebabkan pemindahan gugus fosfat berenergi tinggi ke kreatin fosfat, sesuai dengan hukum aksi masa. Dengan demikian, sebagian besar energi di dalam otot tersimpan dalam bentuk kreatin fosfat. Reaksi ini dikatalis oleh enzim kreatin kinase yang bersifat reversibel (Sheerwood, 2001). Senyawa fosfagen bertindak sebagai fosfat berenergi tinggi bentuk cadangan. Ini mencakup kreatin fosfat yang terdapat di dalam otot rangka, jantung,



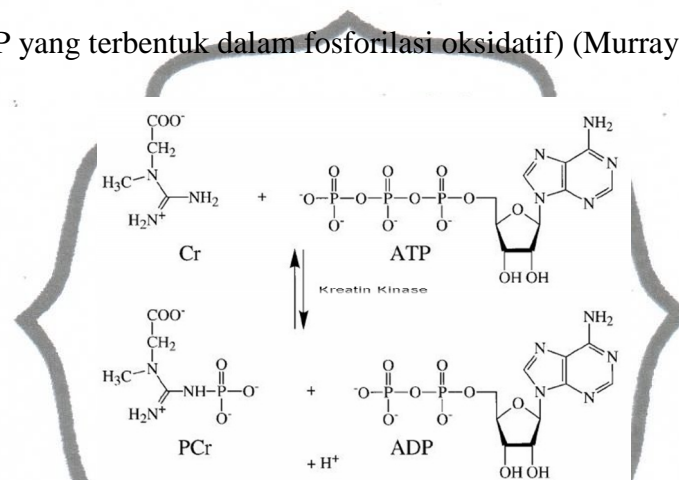
spermatozoa, dan otak vertebrata, serta arginin fosfat yang terdapat di dalam otot invertebrate. Dalam kondisi fisiologik, kreatin fosfat memungkinkan konsentrasi ATP dipertahankan dalam otot ketika ATP digunakan secara cepat sebagai sumber energi untuk kontraksi otot. Sebaliknya, kalau ATP dan kreatin terdapat dalam jumlah besar dan rasio ATP/ADP tinggi menyebabkan resintesis kreatin fosfat (Murray, 2003).

Di dalam otot, suatu pengangkut ulang-alik kreatin fosfat (*shuttle*) telah dikemukakan sebagai alat pengangkut fosfat berenergi tinggi dari mitokondria ke dalam sarkolema dan bertindak sebagai pendapar fosfat berenergi-tinggi. Gerakan ulang-alik ini menguatkan fungsi kreatin fosfat sebagai pendapar energi dengan bekerja sebagai suatu sistem dinamis untuk pemindahan fosfat berenergi tinggi dari mitokondria di dalam jaringan aktif seperti otot jantung dan rangka. Suatu isoenzim kreatin kinase ( $CK_m$ ) ditemukan di dalam rongga antar membran mitokondria, yang mengatalisis pemindahan fosfat berenergi-tinggi dari ATP yang muncul dari pengangkut nukleotida adenine kepada kreatin. Selanjutnya, kreatin fosfat akan diangkut ke dalam sitosol melalui pori-pori protein pada membran eksterna mitokondria sehingga dapat digunakan bagi pembentukan ATP ekstramitokondria (Murray, 2003).

Isoenzim kreatin kinase yang memperantarai pemindahan fosfat berenergi-tinggi ke dan dari pelbagai sistem yang menggunakan atau menghasilkannya misal, kontraksi otot atau glikolisis, terdiri atas jenis-jenis berbeda. Beberapa isoenzim kreatin kinase adalah  $CK_a$  (kreatin  
*commit to user*



kinase yang berhubungan dengan kebutuhan ATP yang besar, misal, kontraksi otot), CK<sub>c</sub> (kreatin kinase untuk mempertahankan ekuilibrium antara kreatin dan kreatin fosfat dan ATP/ADP), CK<sub>g</sub> (kreatin kinase yang memasangkan glikolisis dengan sintesis kreatin fosfat), CK<sub>m</sub> (kreatin kinase mitokondria yang memperantarai pembentukan kreatin fosfat dari ATP yang terbentuk dalam fosforilasi oksidatif) (Murray, 2003).



**Gambar 2.** Reaksi Pembentukan Kreatin Fosfat dan ATP (Wyss, 2000)

Jika ATP menurun, ADP akan meningkat dan akan diubah menjadi AMP, adenosin, inosin dengan bantuan enzim adenilil kinase, AMP deaminase, 5'-nukleotidase, dan adenosine deaminase (Jennings dkk, 1985; Van Bilsen dkk, 1989; Murray, 2003). Adenilil kinase mengatalisis pembentukan satu molekul ATP dan satu molekul AMP dari dua molekul ADP. Reaksi ini dirangkaikan dengan hidrolisis ATP oleh myosin ATPase pada saat kontraksi. AMP yang dihasilkan di atas dapat mengalami deaminasi oleh enzim AMP deaminase dengan membentuk IMP dan ammonia. Enzim 5'-nukleotidase dapat juga bekerja pada AMP, sehingga menyebabkan hidrolisis fosfat dan menghasilkan adenosine dan Pi.

Selanjutnya, adenosine merupakan substrat bagi enzim adenosine deaminase yang menghasilkan inosin dan ammonia (Murray, 2003).

AMP, Pi dan NH<sub>3</sub> yang terbentuk selama berbagai reaksi di atas berlangsung akan mengaktifkan enzim fosfofruktokinase-1 (PFK-1) sehingga meningkatkan laju glikolisis dalam otot yang sedang melakukan gerakan cepat seperti pada saat lari cepat. Sarkoplasma otot skeletal mengandung simpanan glikogen yang besar dan terletak dalam granula dekat pita I. Pelepasan glukosa dari glikogen bergantung pada enzim glikogen fosforilase otot yang spesifik, yang dapat diaktifkan oleh ion Ca<sup>2+</sup>, epinefrin serta AMP (Murray, 2003).

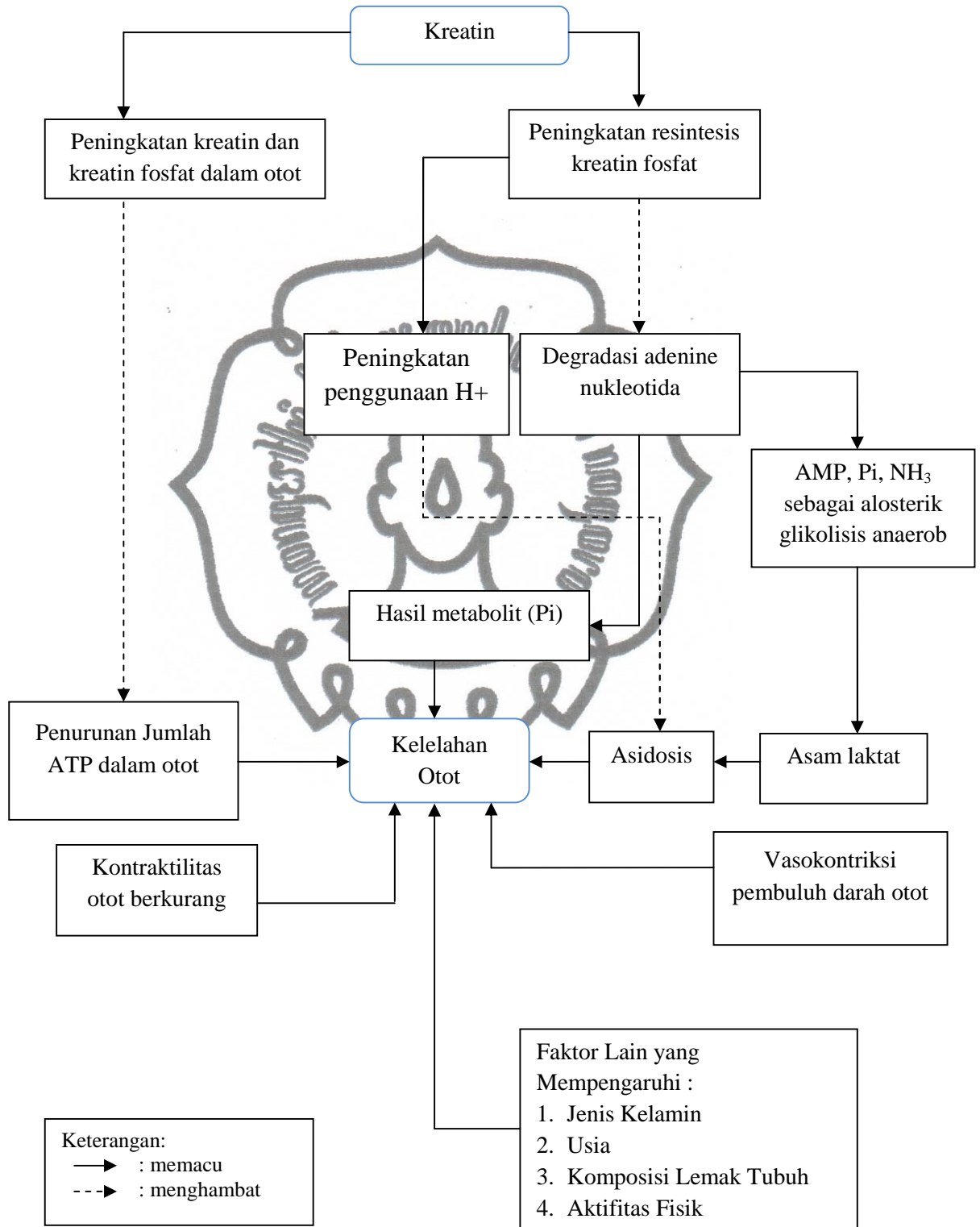
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kreatin dan kreatin fosfat berperan sebagai pengatur sinyal metabolik (alosterik) dalam proses selular (Brannon dkk, 1997; Miller dkk, 1993; Veksler dkk, 1994). Beberapa penelitian pada tahun 1970-an menunjukkan bahwa kreatin fosfat dapat menghambat enzim glikogen fosforilase a, fosfofruktokinase, AMP deaminase, dan 5-nucleotidase (Eagle dkk, 1981; Fitch dkk, 1979; Lutoslawska dkk, 1983; Wheller dkk, 1979; Tornheim dkk, 1979). Sehingga, kadar kreatin fosfat yang tinggi dapat mengurangi akumulasi asam laktat dan P<sub>i</sub> dengan menghambat enzim-enzim yang berperan dalam degradasi adenine nukleotida dan glikolisis anaerob (Wyss, 2000). Selain itu, pembentukan ATP dari kreatin fosfat mengkonsumsi H<sup>+</sup> sehingga jumlah H<sup>+</sup> dapat berkurang (kreatin fosfat + ADP + H<sup>+</sup> → ATP + kreatin) (Balsom dkk, 1995; Rossiter dkk, 1996).

## 6. Pengukuran Kelelahan Otot

Kelelahan otot dapat diukur menggunakan beberapa cara 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 Test* (RAST) (Allen, 2008). *Running-based Anaerobic Sprint Test* (RAST) dikembangkan di Universitas Wolverhampton sebagai uji anaerobik olahraga-spesifik. Test ini hampir serupa dengan *Wingate Anaerobic 30 cycle Test* (WANT) yang dapat menyediakan data mengenai *peak power*, *average power* dan *minimum power*, serta *fatigue index* (Balciunas dkk, 2006).

Test ini digunakan dalam beberapa percobaan terutama karena validitas dan realibilitasnya. Uji WANT lebih spesifik untuk pesepeda, sedangkan RAST menyediakan tes yang dapat digunakan oleh atlet dalam bentuk lari. WANT membutuhkan penggunaan sepeda ergometer dan komputer, yang merupakan dua peralatan yang sulit dan membutuhkan biaya yang tidak sedikit untuk didapat. Sedangkan RAST hanya memerlukan *stopwatch* dan kalkulator untuk beberapa perhitungan sederhana. RAST merupakan tes yang lebih spesifik untuk kinerja anaerobik dalam olahraga berbasis lari (Letafatkar dkk, 2009).

**B. Kerangka Pemikiran**



*commit to user*

**Gambar 3.** Skema Kerangka Pemikiran

### C. Hipotesis

Suplemen kreatin dapat menunda terjadinya kelelahan otot.



### BAB III

## METODE PENELITIAN

#### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain penelitian *the posttest only control group* (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
    - 4) Bukan seorang olahragawan
    - 5) Tidak dapat menyelesaikan seluruh tes

*commit to user*

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 kreatin
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 kreatin adalah suplemen berisi kreatin yang diberikan secara oral kepada kelompok perlakuan. Suplemen yang diberikan dalam penelitian ini adalah kreatin monohidrat *Ultimate Nutrition* 5000 mg. Suplemen tersebut berupa kapsul dengan komposisi kreatin monohidrat 1000 miligram. Dalam penelitian ini terdapat dua kelompok yaitu kelompok yang mengkonsumsi suplemen kreatin dan kelompok yang tidak mengkonsumsi kreatin



(mengkonsumsi plasebo). Variabel ini termasuk dalam skala kategorik (kualitatif).

## 2. Variabel terikat

Kelelahan otot didefinisikan sebagai nilai *fatigue index*  $> 10$  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 *fatigue index*. Indikator yang digunakan untuk menilai kelelahan otot adalah *fatigue index*. Nilai *fatigue index*  $\leq 10$  mengindikasikan kemampuan atlet/subjek dalam mempertahankan performa anaerobiknya (termasuk kategori tidak lelah). Nilai *fatigue index*  $> 10$  merupakan indikasi bahwa atlet/subjek perlu meningkatkan performa anaerobiknya dan juga meningkatkan toleransi terhadap asam laktat (termasuk kategori lelah). Termasuk skala kategorik (kualitatif).

## 3. Variabel luar

### a. Jenis latihan dan kesegaran jasmani

Dapat didefinisikan sebagai frekuensi dan beratnya aktivitas yang dilakukan dalam seminggu serta kesanggupan subjek secara fisik untuk dapat mengikuti serangkaian tes dalam penelitian ini.

Dapat diukur dengan *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q). Termasuk skala kategorik.

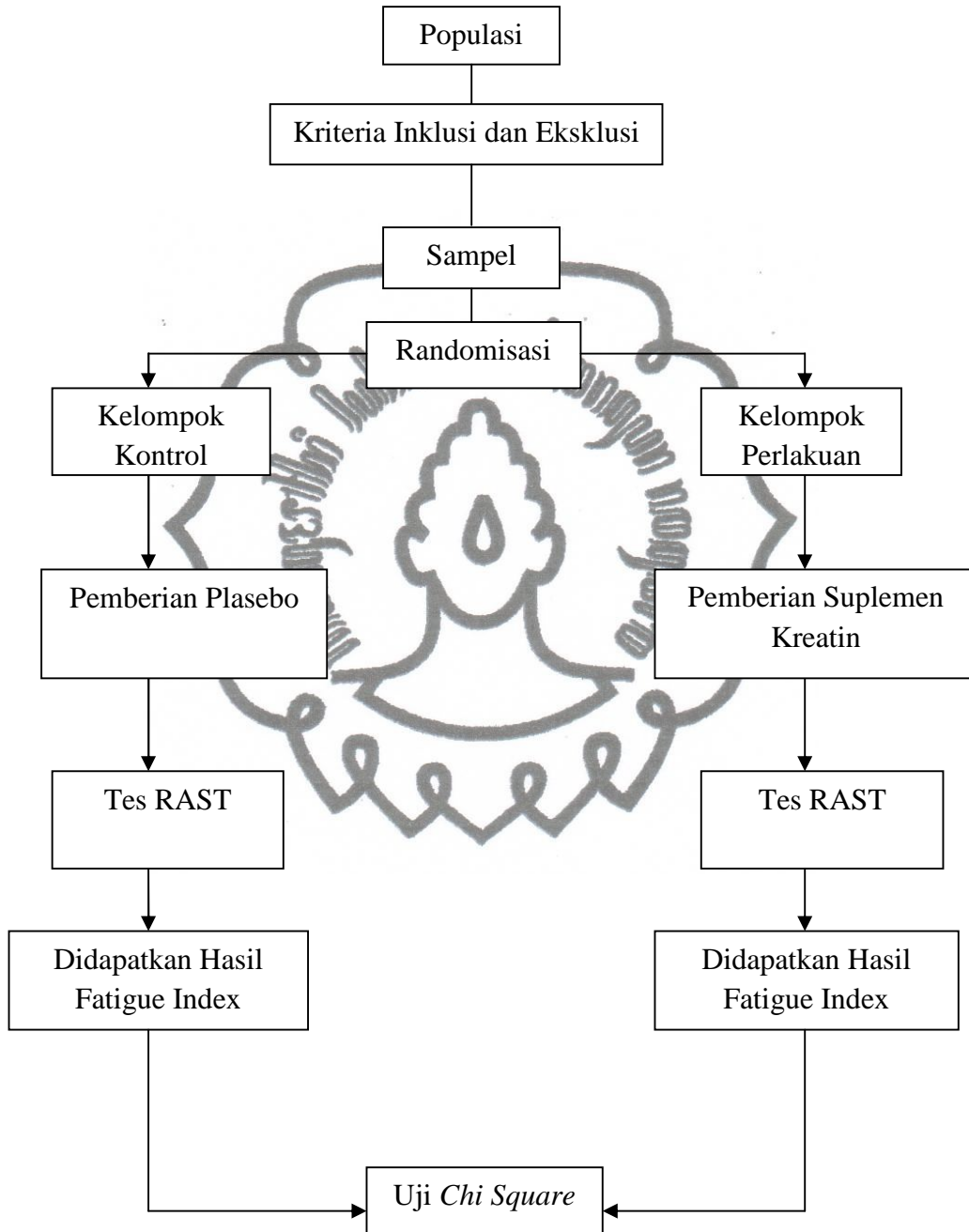
b. Tingkat kerjasama subjek

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.

c. Kepekaan individu terhadap suplemen yang diberikan

Merupakan respon tiap individu/subjek terhadap suplemen kreatin yang diberikan. Hal ini tidak dapat dikendalikan karena masing-masing individu memiliki respon yang berbeda. Termasuk skala kategorik.

**G. Alur Penelitian**



**Gambar 4.** Skema Rancangan Penelitian

## H. Instrumentasi Penelitian

1. Lintasan lari 45 meter
2. Dua buah *Cones* sebagai pembatas
3. Dua buah *Stopwatch*
4. Dua orang asisten untuk mencatat waktu

## I. Bahan Penelitian

1. Suplemen kreatin dalam bentuk kapsul
2. Kapsul plasebo

## J. Cara Kerja

1. Memilih subjek penelitian.
2. Subjek penelitian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.
3. Subjek yang termasuk dalam kelompok perlakuan diberi suplemen kreatin, dengan dosis 5000 mg.
4. Subjek yang termasuk kelompok kontrol diberi plasebo.
5. 30 menit setelah pemberian suplemen kreatin dan plasebo, dilakukan tes RAST. Cara kerja tes RAST sebagai berikut :
  - a. Menyiapkan lintasan lurus sepanjang 35 meter.
  - b. Subjek diukur berat badan.
  - c. Subjek melakukan pemanasan selama 10 menit untuk persiapan lari.

- d. Subjek menggunakan start berdiri untuk memulai lari dan diminta untuk lari dengan kecepatan semaksimal mungkin.
- e. Asisten 2 memberikan aba-aba kepada subjek untuk memulai lari, sementara itu asisten 1 menyalakan *stopwatch* untuk mengukur waktu satu kali lari 35 meter.
- f. Ketika subjek 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 subjek 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  $\chi^2 = \frac{\sum (O - E)^2}{E}$ . Jika ternyata data

yang diperoleh tidak memenuhi syarat uji statistik parametrik *Chi Square*,

maka akan digunakan uji statistik non parametrik yaitu uji *Fisher* (Dahlan, 2007). 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*  $< 5$ , maksimal 20% dari jumlah sel.

Untuk mengukur hubungan antar dua buah variabel digunakan *Odds Ratio*.





## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

Penelitian mengenai Pengaruh Pemberian Kreatin terhadap Kelelahan Otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Angkatan 2008 telah dilaksanakan pada bulan November sampai Desember 2011 di lingkungan Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta. Sampel penelitian adalah mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta berjumlah 30 orang terdiri dari 15 sampel mahasiswa sebagai kelompok kontrol dan 15 sampel mahasiswa sebagai kelompok perlakuan. Seluruhnya berjenis kelamin laki-laki, dengan rentang usia antara 20-22 tahun. Berikut ini disampaikan hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

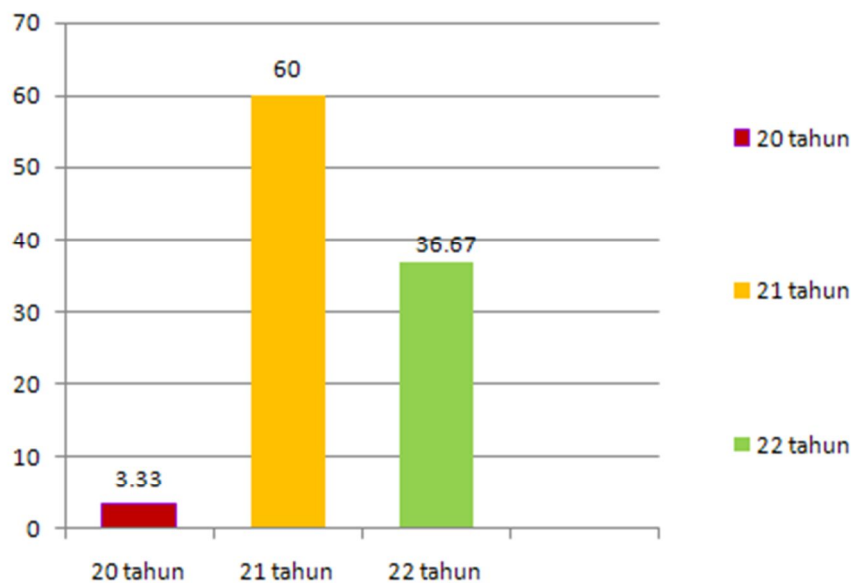
#### A. Karakteristik Sampel Penelitian

**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	9	60,00	18	60,00
3	22	6	40,00	5	33,33	11	36,67
Jumlah		15	100,00	15	100,00	30	100,00

Tabel 1 menunjukkan bahwa sebagian besar sampel berusia 21 tahun dengan jumlah 18 orang (60,00 %). Sedangkan usia 20 tahun sebanyak 1 orang (3,33 %) dan usia 22 tahun sebanyak 11 orang (36,67 %).

*commit to user*

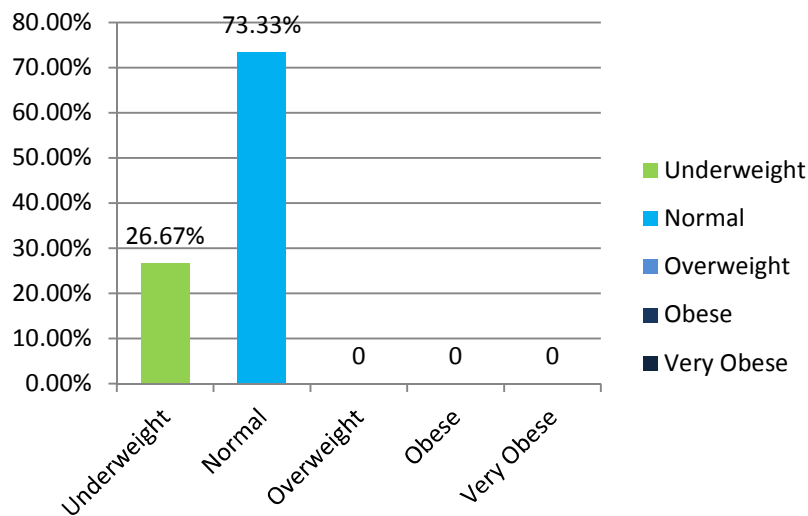


**Gambar 5** Persentase Sampel Menurut Kelompok Usia

World Health Organization (WHO), tahun 2004 membagi Indeks Masa 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>	2	13,33	6	40,00	8	26,67
20,00 – 25,00	<i>Normal</i>	13	86,67	9	60,00	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

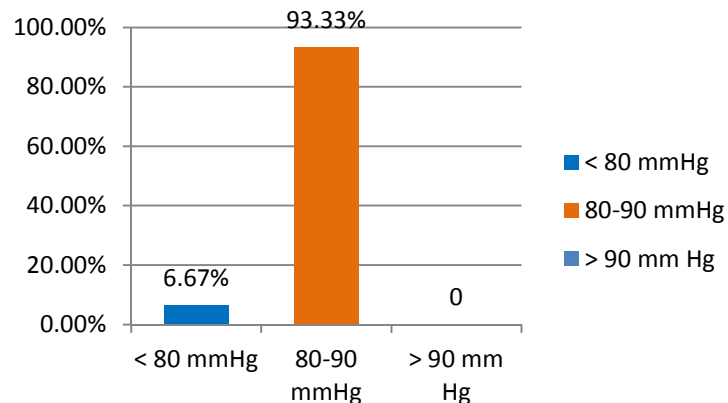


**Gambar 6.** Persentase Sampel Menurut IMT

Berdasarkan data pada tabel 2 sampel penelitian terbanyak termasuk dalam kategori IMT *normal* yaitu 22 orang (73,33 %). Sedangkan sisanya, yaitu 8 orang (26,67 %) 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	1	6,67	2	6,67
2	80-90	14	93,33	14	93,33	28	93,33
3	> 90	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Jumlah		15	100,00	15	100,00	30	100,00



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

Berdasarkan data pada tabel 3 sampel penelitian terbanyak yaitu 28 orang (93,33 %) memiliki tekanan darah diastolik antara 80-90 mmHg. Sedangkan sampel yang memiliki tekanan darah diastolik kurang dari 80 mmHg sebanyak 2 orang (6,67 %). Pada penelitian ini tidak didapatkan sampel dengan tekanan darah diastolik lebih dari 90 mmHg.

#### B. Analisis Bivariat Uji Tabulasi silang atau *Chi Square*

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	21,27 $\pm$ 0,594	21,40 $\pm$ 0,507	0,562*
IMT	21,07 $\pm$ 1,818	21,64 $\pm$ 1,646	0,372#
Tekanan Darah Diastolik	80,00 $\pm$ 3,780	80,00 $\pm$ 3,780	1,000*

\* = Uji Mann-Whitney

# = Uji T-tidak berpasangan

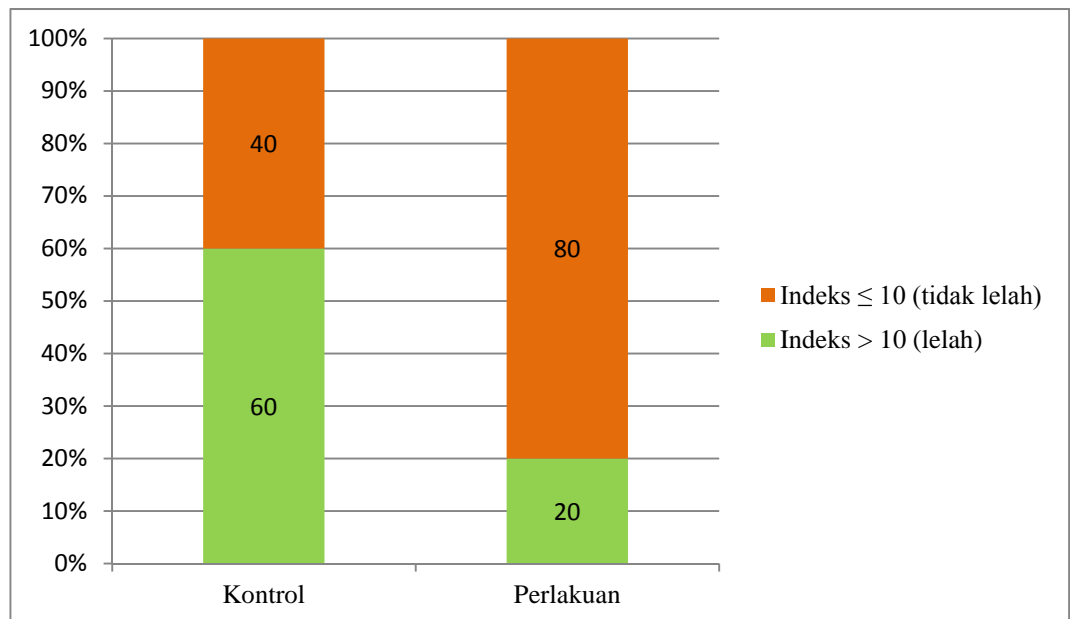
(Sumber: Data Primer, 2012)

Tabel 4 menunjukkan 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 kreatin dengan variabel terikat indeks kelelahan otot. Setelah hasil *Chi Square* didapat maka dapat dilihat nilai signifikasinya. Hubungan signifikan jika  $p < 0.05$ .

**Tabel 5.** Analisis Bivariat tentang Pemberian suplemen kreatin dengan Indeks Kelelahan

Variabel	Indeks Kelelahan		Total	p
	>10 (lelah)	≤ 10 (tidak lelah)		
Kontrol (diberi plasebo)	9	6	15	-
Perlakuan (diberi suplemen Kreatin )	3	12	15	0.025



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

Tabel 4 dan gambar 8 menunjukkan bahwa kelompok kontrol dengan indeks kelelahan  $< 10$  (tergolong kategori lelah) sebanyak 9 orang (60 %) dan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan  $\leq 10$  (tergolong kategori tidak lelah) sebanyak 6 orang (40 %). Pada kelompok perlakuan didapatkan 3 orang (20 %) dengan indeks kelelahan  $\geq 10$  (tergolong kategori lelah) dan 12 orang (80 %) dengan indeks kelelahan  $< 10$  (tergolong kategori tidak lelah). Analisis bivariat terhadap hubungan antara pemberian suplemen kreatin dengan kelelahan otot, menunjukkan hubungan yang signifikan ( $p = 0.025$ ). Kelompok kontrol memiliki risiko terjadinya kelelahan otot dini 6 kali lebih besar daripada kelompok perlakuan yang diberi suplemen kreatin ( $OR = 6$ ).



## 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. Sampel yang digunakan adalah 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).

Berdasarkan data pada tabel 1, sebagian besar sampel berusia 21 tahun dengan jumlah 18 orang (60,00 %). Sedangkan usia 20 tahun sebanyak 1 orang (3,33 %) dan usia 22 tahun sebanyak 11 orang (36,67 %). 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).

Menurut data pada tabel 2, maka sampel penelitian terbanyak termasuk dalam kategori IMT *normal* yaitu 22 orang (73,33 %). Sedangkan sisanya, yaitu 8 orang (26,67 %) termasuk dalam kategori *underweight*. Dalam penelitian ini tidak didapatkan sampel yang tergolong dalam *overweight*, *obese*, maupun *very obese*. IMT berpengaruh terhadap kesegaran jasmani seseorang karena otot atau jaringan bebas lemak memiliki efek menguntungkan berkaitan dengan produksi dan

konduksi tenaga (*force*). Selain itu, peningkatan sejumlah massa tubuh tanpa lemak juga dikaitkan dengan peningkatan konsumsi oksigen maksimal (Abdul Kadir, 2000; Battineli, 2000).

Pada tabel 3 didapatkan bahwa sampel terbanyak memiliki tekanan diastolik 80-90 mmHg sejumlah 28 orang (93,33 %). Sebanyak 2 orang (6,67 %) memiliki tekanan darah diastolik kurang dari 80 mmHg. Mahasiswa dengan tekanan darah diastolik lebih dari 90 mmHg tidak diikutsertakan dalam penelitian ini karena termasuk kategori hipertensi dan perlu pengawasan medis bila melakukan olahraga dengan intensitas tinggi.

Dari hasil uji statistik ketiga karakteristik di atas didapatkan nilai p untuk masing-masing karakteristik sampel tersebut. Umur ( $p = 0,562$ ), IMT ( $p = 0,372$ ), dan tekanan darah diastolik ( $p = 1,000$ ). Hasil dari uji statistik tersebut didapatkan nilai  $p > 0,05$ , sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

Kelelahan otot merupakan ketidakmampuan untuk mempertahankan kekuatan yang diberikan atau diharapkan oleh individu yang melakukan latihan fisik dan merupakan keadaan yang tak terelakkan dari latihan intensitas tinggi (Maughan dan Gleeson, 2004). Faktor-faktor yang berperan terhadap terjadinya kelelahan otot adalah deplesi ATP akibat habisnya cadangan energi seperti kreatin fosfat dan glikogen, penumpukan produk metabolik seperti  $H^+$ ,  $P_i$ , dan asam laktat, perubahan transportasi kalsium ( $Ca^{2+}$ ), 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, 2008; Murray, 2003; Sheerwood, 2001; Westerblad dkk, 2002).

Berdasarkan teori, suplemen kreatin dapat menunda kelelahan otot dengan mencegah deplesi ATP. Suplemen kreatin akan meningkatkan kreatin total otot yang selanjutnya dapat meningkatkan cadangan kreatin fosfat dan meningkatkan resintesis kreatin fosfat selama fase pemulihan. Kreatin fosfat inilah yang berfungsi sebagai penyedia ATP dan dibutuhkan untuk kontraksi otot. Selain itu, tersedianya kreatin fosfat dapat menekan degradasi adenine nukleotida yang akan menekan akumulasi asam laktat dan Pi saat latihan (Balsom dkk, 1994; Engelhardt dkk, 1998; Mujika dkk, 1997; Vandebucire dkk, 1998; Williams dkk, 1998).

Berdasarkan tabel 5 dan gambar 8 didapatkan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan  $\geq 10$  (tergolong kategori lelah) sebanyak 9 orang (60,00 %) dan kelompok kontrol dengan indeks kelelahan  $\leq 10$  (tergolong kategori tidak lelah) sebanyak 6 orang (40,00 %). Pada kelompok perlakuan didapatkan 3 orang (20,00 %) dengan indeks kelelahan  $\geq 10$  (tergolong kategori lelah) dan 12 orang (80,00 %) dengan indeks kelelahan  $< 10$  (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 kreatin dengan kelelahan otot didapatkan nilai  $p = 0,025$  ( $p <$

0,05). Sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima yang menunjukkan bahwa pemberian suplemen kreatin berpengaruh terhadap kelelahan otot.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian kreatin dapat menunda terjadinya kelelahan otot selama latihan. Hal ini sesuai dengan yang diharapkan pada penelitian ini. Berdasarkan teori, kreatin memiliki peran penting dalam kontraksi otot dan menunda kelelahan otot dengan mencegah deplesi ATP. Peningkatan konsentrasi ATP dan kreatin ketika cadangan energi bertambah pada otot yang beristirahat cenderung menyebabkan pemindahan gugus fosfat berenergi tinggi ke kreatin fosfat dengan dikatalis oleh enzim kreatin kinase. Dengan demikian, sebagian besar energi di dalam otot tersimpan dalam bentuk kreatin fosfat. (Greenhaff, 1999; Sheerwood, 2001). Dalam kondisi fisiologik, kreatin fosfat memungkinkan konsentrasi ATP dipertahankan dalam otot ketika ATP digunakan secara cepat sebagai sumber energi untuk kontraksi otot. Sebaliknya, kalau ATP dan kreatin terdapat dalam jumlah besar dan rasio ATP/ADP tinggi menyebabkan resintesis kreatin fosfat (Murray, 2003). Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kreatin dan kreatin fosfat berperan sebagai pengatur sinyal metabolik (alosterik) dalam proses sellular (Brannon dkk, 1997; Miller dkk, 1993; Veksler dkk, 1994). Beberapa penelitian pada tahun 1970-an menunjukkan bahwa kreatin fosfat dapat menghambat enzim glikogen fosforilase a, fosfofruktokinase, AMP deaminase, dan 5-nucleotidase (Eagle dkk, 1981; Fitch dkk, 1979; Lutoslawska dkk, 1983; Wheller dkk, 1979; Tornheim dkk, 1979). Fungsi ini menyebabkan kadar kreatin fosfat yang tinggi dapat mengurangi akumulasi asam laktat dan  $P_i$  dengan menghambat enzim-enzim yang berperan

dalam degradasi adenine nukleotida dan glikolisis anaerob (Wyss, 2000). Selain itu, pembentukan ATP dari kreatin fosfat membutuhkan  $H^+$  sehingga jumlah  $H^+$  dapat berkurang (kreatin fosfat + ADP +  $H^+$   $\rightarrow$  ATP + kreatin) (Balsom dkk, 1995; Rossiter dkk, 1996). Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian Yquel, dkk dengan menggunakan  $^{31}P$  magnetic resonance yang menyatakan bahwa pemberian suplemen kreatin dapat meningkatkan resintesis kreatin fosfat, menurunkan akumulasi fosfat inorganik (Pi) dan mencegah penurunan pH (Yquel dkk, 2002).

Untuk mengukur hubungan antar dua buah variabel digunakan *Odds Ratio*. Kelompok kontrol memiliki risiko terjadinya kelelahan otot 6 kali lebih besar daripada kelompok perlakuan yang diberi suplemen kreatin (OR = 6 ; CI 95% 1,172 s.d 30,725).

Dalam penelitian ini, peneliti mengalami beberapa kendala. Sulitnya mengendalikan aktivitas fisik yang dilakukan sampel sebelum penelitian dan kondisi fisik seseorang yang berbeda satu sama lain menjadi salah satu kendala yang dialami. Aktivitas sebelum dilakukan penelitian mempengaruhi hasil yang diperoleh selain dari intensitas olahraga itu sendiri. Kendala lainnya adalah sulitnya mendapatkan waktu semaksimal mungkin untuk setiap kali lari. Hal ini menyebabkan beberapa sampel memiliki waktu tempuh yang lambat dan tergolong dalam kategori lelah. Selain itu, alat pencatat waktu lari berupa *stopwatch* digital yang kurang akurat. Seharusnya digunakan alat pencatat waktu yang memiliki tingkat keakuratan yang tinggi seperti *timing gates*. Namun, karena keterbatasan biaya alat tersebut tidak dapat digunakan pada penelitian ini.

## BAB VI

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Menurut data dan hasil yang didapat pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa pemberian suplemen kreatin sebanyak 5000 mg sebelum melakukan aktifitas fisik intensitas tinggi dan singkat (bersifat anaerob) dapat menunda terjadinya kelelahan otot pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret angkatan 2008. Kelompok kontrol memiliki resiko terjadinya kelelahan otot 6 kali lebih besar daripada kelompok perlakuan yang diberi suplemen kreatin.

#### B. Saran

Beberapa saran yang dapat disimpulkan oleh penulis mengenai penulisan skripsi ini yaitu :

1. Kepada para peneliti perlu diadakan penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh pemberian kreatin terhadap kelelahan otot maupun parameter performa olahraga lainnya pada individu sehat dengan jumlah sampel yang lebih besar dan variabel perancu yang lebih terkontrol.
2. Menggunakan tes lain dalam mengukur kelelahan otot sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih akurat dengan memperbandingkan hasil tes tersebut.

*commit to user*