

ISBN: 978-602-60013-1-3



## PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN JASMANI DAN OLARAGA  
"PENINGKATAN KUALITAS  
PENDIDIKAN JASMANI DAN OLARAGA MELALUI LITERASI"



Alamat redaksi  
Kampus STKIP PGRI Jombang  
Jl. Pattimura III/20 Jombang  
Telp (031)861319

ISBN 978-602-60013-1-3



Jombang 28 Juli 2018  
PRODI PENDIDIKAN JASMANI DAN KESEHATAN  
SEKOLAH TINGGI KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

**STKIP PGRI JOMBANG**



## DAFTAR ISI

<b>PERUBAHAN PARADIGMA DALAM PENDIDIKAN JASMANI DI SEKOLAH</b> (Dr. Wahyu Indra Bayu, M.Pd.) .....	1-6
<b>MENDORONG PENGEMBANGAN LITERASI KEOLAHRAGAAN NASIONAL</b> (Prof. Dr. M.E. Winarno, M.Pd.) .....	7-14
<b>MODEL-MODEL PEMBELAJARAN PENDIDIKAN JASMANI</b> (Prof. Dr. Hari Amirullah Rachman, M.Pd.).....	15-49
<b>HUBUNGAN ANTARA STATUS GIZI DENGAN KEBUGARAN JASMANI SISWA SEKOLAH MENENGAH PERTAMA NEGERI 3 JOMBANG</b> (Arsika Yunarta, M.Pd. & Rahayu Prasetyo, M.Pd.).....	50-55
<b>PROFIL GURU PJOK DALAM MENINGKATKAN BERPIKIR KREATIF PESERTA DIDIK</b> (Ilmul Ma'arif, M.Pd. & Zakaria Wahyu Hidayat, M.Pd.).....	56-66
<b>PENGARUH METODE <i>PART AND WHOLE</i> TERHADAP HASIL BELAJAR SENAM LANTAI GULING DEPAN PADA SISWA KELAS X SMK SULTAN AGUNG 1 TEBUIRENG TAHUN PELAJARAN 2017/2018</b> (Muhamad Dedi Safa'at, S.Pd. & Kahan Tony Hendrawan, M.Pd.) .....	67-79
<b>PENGARUH TINGKAT KESEGERAN JASMANI SAAT MENSTRUASI DAN TIDAK MENSTRUASI PADA SISWI KELAS XI di SMK MUHAMMADIYAH 1 BERBEK NGANJUK TAHUN 2017</b> (Novita Nur Synthiawati, M.Pd. & Guntum Budi Prsetyo, M.Pd.) .....	80-86
<b>SURVEY KINERJA GURU PENDIDIKAN JASMANI OLAHRAGA DAN KESEHATAN PADA GURU SMP NEGERI SE-KECAMATAN PETERONGAN KABUPATEN JOMBANG TAHUN 2017/2018</b> (Rendra Wahyu Pradana, M.Pd. & Puguh Satya Hasmaru, M.Pd.).....	87-95
<b>PEMULIHAN KEKUATAN DAN ROM SETELAH LATIHAN EKSENTRIK DENGAN PEMBERIAN SUPLEMEN GLUTAMIN</b> (Afif Rusdiawan, M.Pd. & Taufikkurrachman, M.Pd.) .....	96-107
<b>MODEL PEMBELAJARAN <i>PROJECT BASED LEARNING</i> TERHADAP KETERAMPILAN SMASH KEDENG PERMAINAN SEPAK TAKRAW</b> (Ali Priyono, M.Pd.) .....	108-114

<b>MENINGKATKAN KECERDASAN KINESTETIK MELALUI PERMAINAN PROPERTI</b> (Davi Sofyan, M.Pd.) .....	115-124
<b>DAMPAK PERCAYA DIRI DAN <i>POWER LENGAN</i> TERHADAP HASIL <i>FLYING SHOOT</i> DALAM PERMAINAN BOLA TANGAN</b> (Indra Prabowo, M.Pd. & Davi Sofyan, M.Pd.) .....	125-130
<b>STUDI DESKRIPTIF AKTIVITAS FISIK TERHADAP PENGHAMBATAN <i>MENOPAUSE</i></b> (Indrayogi, M.Pd.) .....	131-140
<b>PERKEMBANGAN KESEIMBANGAN DAN KECEPATAN PADA ANAK-ANAK USIA 6 SAMPAI DENGAN 12 TAHUN DITINJAU DARI JENIS KELAMIN DI DAERAH KABUPATEN GROBOGAN</b> (Novianto Arie Budiawan, Prof. Dr. Sugiyanto, & Dr. Sapta Kunta Purnama, M.Pd.) .....	141-149
<b>EFEKTIFITAS TEKNIK <i>RECOVERY</i> DALAM MENURUANKAN KADAR ASAM LAKTAT</b> (Rubbi Kurniawan, M.Pd. & Amjad Elfarabi, M.Pd.) .....	150-156
<b>PENGARUH LATIHAN <i>PLYOMETRIC ALTERNATE LEG BOX BOUND</i> DAN <i>PLYOMETRIC SINGLE LEG SPEED HOP</i> TERHADAP KECEPATAN LARI 50 METER PADA SISWA SMP NEGERI 1 BARON KABUPATEN NGANJUK</b> (Ruruh Andayani Becti, M.Pd.) .....	157-162
<b>PENERAPAN METODE PEMBELAJARAN DENGAN PERMAINAN BOLA GANTUNG BERANGKA UNTUK MENINGKATKAN GERAK DASAR ANAK USIA DINI DI KECAMATAN PANYINGKIRAN KABUPATEN MAJALENGKA</b> (Udi Sahudi, M.Pd. & Maya Nurhayati, M.Pd.).....	163-172
<b>PENGEMBANGAN MODEL LATIHAN BEBAN UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN FISIK PEMAIN BOLAVOLI</b> ( <i>Studi Pengembangan pada Pemain Bolavoli Putra Tingkat Intermediet di Kota Kediri</i> ) (Nur Ahmad Muharram, M.Or. & Wing Prasetya Kurniawan, M.Pd.).....	172-179
<b>PROFIL GURU PJOK DALAM MENINGKATKAN BERPIKIR KREATIF PESERTA DIDIK</b> (Basuki, S.Or., M.Pd.) .....	180-187



## PEMULIHAN KEKUATAN DAN ROM SETELAH LATIHAN EKSENTRIK DENGAN PEMBERIAN SUPLEMEN GLUTAMIN

Afif Rusdiawan<sup>1</sup> ([rusdiawan.a@gmail.com](mailto:rusdiawan.a@gmail.com))

Taufikkurrachman<sup>2</sup> ([ufikblack@gmail.com](mailto:ufikblack@gmail.com))

### Abstract

The role of nutrition in sports is important, because the decrease in athlete performance can occur due to muscle damage resulting from eccentric activity during sport. One of the supplements consumed by athletes is an amino acid like glutamine. Glutamine can improve muscle weakness due to inflammation that occurs after eccentric activity and very effective in reducing muscle damage as indicated by increased muscle strength and range of motion of joints (ROM) after eccentric activity. The purpose of this study was to determine the effect of glutamine on muscle strength and joint ROM recovery after eccentric activity. The design of this research is Randomized group pre test and post test design. This study used 22 students of PJKR IKIP Budi Utomo as research subjects divided randomly into 2 groups, control group (K1) and treatment group (K2). The eccentric activity uses Drop Jumps activity on a bench as high as 0.5 meters. Glutamine is given after eccentric activity with a dose of 0.4 grams / kg BW 2 times (2 days). Leg muscle strength was measured using the Back and Leg Dynamometer, while the ROM measurement using goniometer. Result of data analysis showed mean of leg muscle strength of control group  $61,2 \pm 18,1$  kg and treatment group  $77,1 \pm 17,6$  kg at 48 hours with  $p$  value = 0,008. While the mean ROM control group was  $120,9 \pm 3,6$  degrees and the treatment group was  $130,2 \pm 3,9$  degrees at 48 hours with  $p = 0,017$ . From these results can be concluded that the supplementation of glutamine can increase muscle strength and ROM after eccentric activity.

**Key word :** eccentric activity, glutamine, muscle strength, ROM

### Abstrak

Peranan gizi dalam olahraga penting diperhatikan, karena penurunan performa atlet dapat terjadi karena kerusakan otot akibat dari aktivitas eksentrik saat olahraga. Salah satu suplemen yang banyak dikonsumsi oleh atlet adalah asam amino seperti glutamin. Glutamin dapat memperbaiki kelemahan otot akibat inflamasi yang terjadi setelah aktivitas eksentrik dan sangat efektif dalam mengurangi kerusakan otot yang ditunjukkan dengan peningkatan kekuatan otot serta rentang gerak sendi (ROM) setelah aktivitas eksentrik. Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh pemberian glutamin terhadap pemulihan kekuatan otot dan ROM sendi setelah aktivitas eksentrik. Desain penelitian ini adalah Randomized group pre test and post test design. Penelitian ini menggunakan 22 mahasiswa PJKR IKIP Budi Utomo sebagai subyek penelitian yang dibagi secara acak ke dalam 2 kelompok, kelompok control (K1) dan kelompok perlakuan (K2). Aktivitas eksentrik menggunakan aktivitas Drop Jumps pada bangku setinggi 0.5 meter. Glutamin diberikan setelah aktivitas eksentrik dengan dosis 0,4 gram/Kg BB sebanyak 2 kali pemberian (2 hari). Kekuatan otot tungkai diukur menggunakan alat Back and Leg Dynamometer, sedangkan pengukuran ROM menggunakan alat goniometer. Dari hasil analisis data menunjukkan rerata kekuatan otot tungkai kelompok control  $61,2 \pm 18,1$  kg dan kelompok perlakuan  $77,1 \pm 17,6$  kg pada jam 48 dengan nilai  $p = 0,008$ . Sedangkan rerata ROM kelompok control  $120,9 \pm 3,6$  derajat dan kelompok perlakuan  $130,2 \pm 3,9$  derajat pada jam 48 dengan nilai  $p = 0,017$ . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pemberian glutamin dapat meningkatkan kekuatan otot dan ROM setelah aktivitas eksentrik.

**Kata kunci :** aktivitas eksentrik, glutamin, kekuatan otot, ROM.

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan Dan Olahraga, IKIP Budi Utomo Malang

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan Dan Olahraga, IKIP Budi Utomo Malang



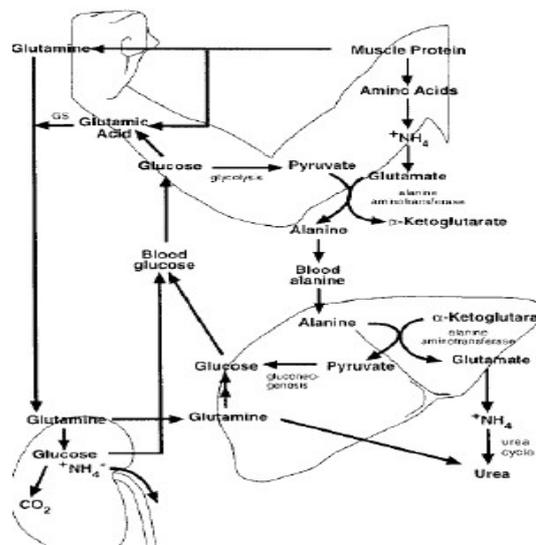
## PENDAHULUAN

*Exercise-induced muscle damaged* atau kerusakan otot akibat latihan merupakan fenomena yang umum terjadi setelah latihan yang tidak terbiasa atau latihan dengan intensitas dan durasi yang meningkat (Byrne *et al.*, 2004). Latihan eksentrik merupakan latihan yang melibatkan suatu pemanjangan otot dan secara bersamaan berupaya untuk berkontraksi maksimal (Eston *et al.*, 2003). Selama latihan eksentrik terjadi peningkatan tegangan (*tension*) dari otot. Tingginya regangan yang dihasilkan tersebut mengakibatkan sering terjadinya kerusakan dan pengurangan pada kekuatan otot (Bompa, 1999). Burnley *et al.* (2010) mengatakan bahwa gejala-gejala kerusakan otot yang umumnya terjadi akibat latihan meliputi nyeri (*soreness*), penurunan kekuatan otot, *range of motion* (ROM), peningkatan respons inflamasi, peningkatan jumlah serum *creatine phosphokinase* dalam darah. Proses pemulihan (*recovery*) setelah aktivitas merupakan hal yang sangat penting dan dianjurkan untuk mengurangi kelelahan dan ketidakseimbangan fungsi tubuh akibat latihan. Apabila proses pemulihan kurang sempurna maka akan berakibat pada penurunan penampilan saat menjalani sesi aktivitas atau pertandingan selanjutnya serta dapat mengarah pada kejadian cedera ((Bishop *et al.*, 2008). Proses pemulihan dipengaruhi oleh jenis latihan, usia, pengalaman berlatih, lingkungan, jenis kelamin, jenis serabut otot yang digunakan, energi *predominan* yang digunakan serta nutrisi (Tomlin dan Wenger, 2001). Selama ini banyak atlet mengonsumsi suplemen guna meningkatkan penampilan, meminimalkan resiko cedera dan juga untuk mempercepat fase pemulihan (Waddell *et al.*, 2005). Salah satu suplemen yang banyak dikonsumsi oleh atlet adalah asam amino seperti glutamin. Selama aktivitas terjadi penurunan kadar glutamin plasma tergantung pada intensitas, jenis dan durasi aktivitas (Nia *et al.*, 2012). Glutamin dikenal sebagai suplemen yang mempertahankan kadar protein otot dan banyak berperan dalam kekebalan tubuh (Roth, 2008). Dibandingkan dengan asam amino lain, glutamin adalah asam amino non-esensial yang paling banyak dalam tubuh manusia dan terlibat dalam proses metabolisme (Rasyid, 2011). Pada otot rangka, glutamin terdiri dari 60 persen (19,5 mmol/cairan intraseluler) dari total asam amino bebas yang terdapat dalam tubuh. Glutamin juga dapat memperbaiki kelemahan otot akibat inflamasi yang terjadi setelah aktivitas eksentrik (Paulsen *et al.*, 2010). Glutamin sangat efektif dalam mengurangi kerusakan otot yang ditunjukkan dengan penurunan kelelahan otot dan serum *creatin kinase*, peningkatan *knee ekstensor peak torque* (Street *et al.*, 2011), peningkatan kekuatan otot (Jackman *et al.*, 2011) serta rentang gerak sendi (ROM) setelah aktivitas eksentrik (Nia *et al.*, 2012). Berdasarkan uraian tersebut maka peneliti ingin melakukan penelitian mengenai pemulihan kekuatan dan rom setelah latihan eksentrik dengan pemberian suplemen glutamine. Dalam penelitian ini penilaian kelelahan otot dilakukan dengan metode tidak langsung (*indirect method*) yakni pengukuran kekuatan otot dan ROM sendi. Kekuatan otot yang diukur adalah pada bagian otot tungkai sedangkan ROM diukur pada sendi lutut.

## KAJIAN PUSTAKA

### 1. Metabolisme glutamin

Glutamin merupakan asam amino non esensial yang konsentrasi intraselulernya lebih tinggi dari asam amino lainnya. Glutamin dilepaskan dalam jumlah yang besar dari otot rangka yang berperan sebagai pembawa dan donor penting dari nitrogen (Arifin, 2009). Glutamin dihasilkan dari glutamat oleh sintetase, yang menambahkan  $\text{NH}_4^+$  ke gugus karboksil rantai sisi sehingga terbentuk suatu amida. Glutamin diubah kembali menjadi glutamat oleh enzim lain, glutaminase yang sangat penting untuk ginjal, karena ammonia yang terbentuk akan masuk ke dalam ginjal dan akan menurunkan tingkat keasaman urin (Marks *et al.*, 2000). Nitrogen amida dalam asam amino tidak selalu dilepaskan sebagai ion ammonia. Nitrogen dapat dipindahkan secara enzimatik ke berbagai aseptornya (Montgomery *et al.*, 1993).



Gambar 1. Metabolisme glutamin di otot rangka, ginjal dan hati (Arifin, 2009).

Glutamin dikenal sebagai asam amino pembawa nitrogen yang paling mudah diserap oleh vili mukosa usus dan dikenal sebagai asam amino kondisional yang berfungsi sebagai prekursor sintesis nukleosida, substrat untuk pembentukan glikogen, dan sangat vital dalam mengatur asam basa ginjal. Glutamin sangat penting sebagai sumber energi sel yang membutuhkan ATP siap pakai, baik untuk keperluan epitel saluran pencernaan maupun retikulosit. Oleh karena itu suplemen ini banyak digunakan untuk atlet binaraga dalam mengganti kerusakan otot dengan segera akibat latihan beban yang berat (BPOM, 2008).

## 2. Peran glutamin

Secara umum peran dari glutamin bagi tubuh meliputi:

1. Sebagai substrat dalam sintesis protein
2. Substansi anabolik bagi otot
3. Kontrol keseimbangan asam basa (ammoniogenesis renal)
4. Bahan ureagenesis hepatic
5. Bahan gluconeogenesis hati
6. Pembuangan ammonia
7. Transport nitrogen
8. Stimulasi sintesis glikogen
9. Metabolisme L- arginine- NO ( Arifin, 2009).

Glutamin juga berperan dalam pembentukan kolagen (lewat sintesis prolin), nukleotida (lewat sintesis pirimidin serta purin) dan fosfolipid. Ketiga unsur ini sangat penting dalam pembuatan sel-sel baru. Selain itu glutamin akan memberikan alfa-ketoglutarat yang masuk ke dalam siklus krebs sebagai bahan bakar oksidatif bagi sel-sel yang memperbanyak diri dengan cepat. Oleh karena itu, glutamin akan mempercepat penggantian atau perbaikan jaringan pada bagian tubuh yang rusak karena sakit maupun cedera (BPOM, 2008). McManus ( 2008) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa subjek penelitian yang diberikan asupan glutamin sebanyak 2 gram/ hari dapat meningkatkan kadar hormon pertumbuhan (*Growth hormone*) sehingga laju



sintesis protein dalam otot mengalami peningkatan. Suatu penelitian menunjukkan bahwa suplementasi glutamin yang diberikan secara rutin dapat meningkatkan kadar hormon pertumbuhan, mengurangi laju katabolisme otot dan meningkatkan laju anabolisme otot, serta meningkatkan kemampuan otot dalam menyeimbangkan kadar asam laktat (Lacey *et al.*, 1990). Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Welbourne *et al* (1995) mendapatkan pada kelompok penelitian yang diberikan asupan glutamin sebanyak 2000 mg dapat meningkatkan kadar hormon pertumbuhan sebanyak empat kali lipat.

### 3. Mekanisme Kerusakan Otot Dipicu Oleh Kontraksi Eksentrik

Otot rangka terdiri dari kontraktil dan protein struktural, dimana akan dapat rusak selama kontraksi otot eksentrik. Penelitian sebelumnya telah menyebutkan bahwa setelah kontraksi yang melibatkan perpanjangan otot, sarkomer yang normal menjadi terganggu karena peregangan yang berlebihan sehingga menyebabkan kerusakan membran, kontraktur lokal dan kematian serat otot (Proske & Morgan, 2001). Mekanisme kontraksi otot ekesentrik menyebabkan kerusakan otot belum sepenuhnya dapat dijelaskan akan tetapi ada 3 fase yang perlu diperhatikan (Jackman, 2011).

#### a. Fase Awal

Selama latihan, stres mekanik dari kontraksi otot yang memanjang akan meregangkan miofibril dan sarkomer dalam setiap serat otot (McHugh, 2003) Di dalam sarkomer terdapat struktur aktin dan myosin yang tersusun berlapis. Molekul aktin melekat pada *Z disc* dan molekul myosin melekat pada aktin dan saat stres mekanik terjadi protein miofibril seperti aktin dan myosin putus dan terlepas dari *Z disc*. Struktur sarkomer menjadi tidak stabil, protein fibril terpecah, kerusakan t-tubulus dan hilangnya integritas membran (Proske & Morgan, 2001). Hipotesis pada sarkomer menunjukkan bahwa peregangan yang terjadi menyebabkan sarkomer di dalam otot meregang melampaui panjang yang optimal. Sarkomer yang meregang menjadi semakin lemah sampai akhirnya mencapai titik hasilnya. Ketika sarkomer memanjang dengan cepat hingga terjadi sedikit tumpang tindih diantara myofilaments (Jackman, 2011).

Gangguan pada sarkomer dapat terjadi selama kontraksi otot atau relaksasi yang menyebabkan lokalisasi kerusakan otot. Jika otot teregang secara berlebihan ketika aktin dan myosin terikat bersama-sama, protein kontraktil menjadi rusak dan terjadi peningkatan konsentrasi plasma protein lain yang berhubungan dengan aktin (misalnya troponin 1) dan myosin (misalnya *myosin heavy chain*) (Soricther *et al* 2001). Jika otot teregang secara berlebihan ketika aktin dan myosin memisahkan diri, tegangan dari sarkomer di transfer pada *cyoskeletal protein* (seperti : desmin dan titin) yang mengakibatkan gangguan terhadap struktur myofibril. Titin merupakan filamen elastis yang menahan myosin agar tetap melekat pada *Z disc*. Kerusakan pada titin disebabkan oleh sarkomer teregang berlebihan sehingga menyebabkan kerusakan longitudinal. Kerusakan pada desmin mungkin diakibatkan oleh kekuatan yang berlebihan di awal latihan dan dapat menyebabkan kerusakan lateral. Kerusakan pada retikulum sarkoplasma, tubulus atau sarkolema dapat terjadi jika kerusakan longitudinal dan lateral menyebar ke daerah otot yang berdekatan (Jackman, 2011).

Kerusakan pada sarkomer juga dapat mengakibatkan *excitation-contraction coupling* terganggu sehingga berdampak pada penurunan kekuatan otot. Jika sel membran terganggu maka akan terjadi kebocoran protein ke dalam ekstraseluler dan akhirnya masuk ke dalam sirkulasi. Akibatnya, terjadi peningkatan kadar protein dalam darah yang memicu meningkatnya permeabilitas membran sel otot (Friden & Lieber, 2001). Kerusakan mekanik juga meningkatkan respon inflamasi yang melibatkan peningkatan cairan, protein plasma dan sitokin inflamasi pada area yang rusak (Jackman, 2011).

#### b. Fase Autogenik

Ketika terjadinya kontraksi yang melibatkan pemanjangan otot menyebabkan gangguan pada homeostatis ion kalsium intraselular ( $Ca_i$ ). Pada tahap autogenik, kerusakan otot disebabkan oleh peningkatan konsentrasi  $Ca_i$  yang berlebih di dalam intrasel (Jackman, 2011). Peningkatan



konsentrasi  $Ca_i$  dalam intraselular dapat mengaktifasi *protease calpain* dan enzim *proteolytic* yang dapat mendegradasi sel membran dan protein intraseluler dalam otot. (Zhang *et al*, 2008).

Meningkatnya kadar  $Ca_i$  saat beristirahat juga dapat menyebabkan lebih banyaknya formasi *cross bridge* sehingga mengurangi fase relaksasi kontraksi otot. Penurunan dalam fase relaksasi kontraksi otot dapat menjadi penyebab dari kekakuan otot serta penurunan ROM sendi setelah latihan eksentrik (Jackman, 2011). Selain itu, kontraksi dari serat otot yang tak terkendali dapat mengakibatkan berkurangnya ketersediaan ATP sehingga mengakibatkan kerusakan struktural laebih lanjut karena stres mekanik dan stres metabolik (Greer *et al*, 2007).

#### c. Fase Fagositosis

Pada tahap fagositosis menghasilkan peningkatan sel-sel imun yang diarahkan pada jaringan yang cedera dan biasanya terjadi 4-6 jam - 2-4 hari setelah timbulnya kerusakan (Amstrong, 1990). Jaringan yang cedera akan memicu akumulasi bradikinin, histamin dan prostaglandin sehingga memicu monosit/ makrofag dan neutrofil. Neutrofil melepaskan kemoatraktan untuk memerintahkan sel imun lainnya menuju ke lokasi yang rusak, namun mereka juga sumber radikal bebas. Sel-sel imun mensekresikan *inflammatory cytokines tumour necrosis factor- $\alpha$*  (TNF-  $\alpha$ ), *interleukin-1 $\beta$*  (IL-1 $\beta$ ) and *interleukin-6* (IL-6) (Atherton *et al*, 2010). Namun IL-6 juga dikeluarkan saat otot berkontraksi (Pedersen *et al*, 2004). Masuknya sel imun pada jaringan yang cedera diikuti masuknya cairan dan aktivasi ujung saraf tipe IV, berkembang secara bertahap selama 3-4 hari (Proske & Morgan, 2001)

Meskipun akibat dari kontraksi otot yang mengalami pemanjangan belum sepenuhnya dipahami akan tetapi besar kemungkinan bahwa ada stres mekanik yang terjadi segera setelah latihan yang mengakibatkan ketidakseimbangan homeostatis metabolisme dalam masa pemulihan. Gejala-gejalanya meliputi fungsi otot menurun (baik kekuatan dan kelelahan otot), peningkatan nyeri otot, penurunan ROM sendi dan peningkatan konsentrasi protein plasma (Jackman, 2011)

#### 4. Kekuatan Otot

Kekuatan merupakan salah satu unsur yang penting dimiliki oleh setiap atlet, karena setiap penampilan dalam olahraga memerlukan kekuatan. Costill (1979) mengatakan kekuatan adalah kemampuan maksimal untuk melawan gaya. Sementara itu Fox (1988) mengatakan kekuatan adalah kemampuan otot yang dapat dipergunakan untuk menahan suatu beban pada usaha yang maksimal. Hal senada juga dinyatakan oleh Sajoto (1995), kekuatan atau *strength* adalah kemampuan otot atau kelompok otot untuk melakukan kerja, dengan menahan beban yang diangkatnya, otot yang kuat akan membuat kerja otot sehari-hari secara efisien seperti mengangkat, menjinjing serta akan membuat bentuk tubuh menjadi lebih baik.

Setelah kontraksi yang melibatkan pemanjangan otot menyebabkan kerusakan pada sarkomer yang dapat mengakibatkan *excitation-contraction coupling* terganggu sehingga berdampak pada penurunan kekuatan otot (Jackman, 2011). Kontraksi eksentrik menghasilkan tingkat kerusakan myofibril yang lebih besar akibat regangan yang berlebih dari sarkomer sehingga mengakibatkan gangguan pada sarkolema dan perombakan pada mesin kontraktil, hal ini akhirnya menyebabkan penurunan pada kekuatan otot akibat gangguan pada *exitaton-contraction couplin* (Willoughby 2003). Penurunan kekuatan yang disebabkan oleh kerusakan otot juga akan menghasilkan penurunan pada performa seseorang.

#### 5. ROM Sendi

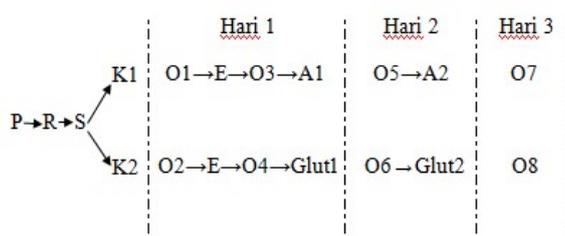
*Range of motion* (ROM) sendi merupakan jumlah maksimum gerakan yang mungkin dilakukan sendi pada salah satu dari tiga potongan tubuh: sagital, frontal dan transversal. *Range of motion* sendi adalah gambaran tentang seberapa banyak pergerakan yang dimiliki oleh sendi (Potter & Perry, 2006). Menurut Kozier (2004), ROM diartikan sebagai pergerakan maksimal yang dimungkinkan pada sebuah persendian tanpa menyebabkan rasa nyeri. ROM sendi dapat diukur baik secara aktif ataupun pasif. Aktif ROM dilakukan dengan kontraksi otot disekitar sendi oleh diri sendiri atau tanpa bantuan dari luar. ROM pasif dilakukan oleh kekuatan eksternal dengan cara mendorong daerah tubuh sekitar sendi. ROM pasif selalu lebih besar dari ROM



aktif (Luttgens & Hamilton, 1997). ROM merupakan salah satu indikator fisik yang berhubungan dengan fungsi pergerakan (Easton, 1999). ROM dipengaruhi oleh fleksibilitas otot dan kelompok otot yang mengelilingi sendi. Jika fleksibilitas otot kurang, sendi tidak dapat melakukan ROM secara penuh. Selain itu ROM juga dipengaruhi beberapa faktor, seperti mobilitas kapsul sendi dan ligamen, fascia, serta kekuatan otot (Luttgens & Hamilton, 1997). Terjadinya pembengkakan, peradangan serta gangguan pada myofibril setelah latihan latihan eksentrik menyebabkan peningkatan kekakuan otot pasif sehingga terjadi penurunan ROM pada sendi yang terekena (Willoughby 2003).

## METODE

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian ekperimental laboratories dengan desain penelitian yang digunakan adalah *Randomized group pre test and post test design*.



Gambar 2. Desain penelitian

Keterangan :

P : Populasi penelitian

S : Sampel penilitian

R : Randomisasi

K1: Kelompok kontrol (air mineral)

K2: Kelompok perlakuan (glutamin 0.4 gram/Kg BB)

O1 dan O2: *Pre test* pada KI dan K2

O3 dan O4: *Post test I* pada KI dan K2 (1 jam setelah aktivitas eksentrik)

O5 dan O6 : *Post test II* pada KI dan K2 (24 jam *post exercise*).

O7 dan O8: *Post test III* pada KI dan K2 ( 48 jam *post exercise*)

E :Aktivitas eksentrik (*drop jump* 10 set 10 repetisi)

Glut 1 :Pemberian glutamin segera setelah *post test I*

Glut 2 : Pemberian glutamin 24 jam setelah aktivitas eksentrik

A 1 : Pemberian air mineral segera setelah *post test I*

A2 : Pemberian air mineral 24 jam setelah aktivitas eksentrik.

Subyek penelitian ini adalah mahasiswa jurusan PJKR IKIP Budi Utomo malang yang berjenis kelamin laki-laki, berat badan antara 55-65 Kg, usia antara 21-23 tahun, tidak melakukan aktivitas eksentrik menjelang penelitian (3 hari sebelumnya), tidak mengonsumsi obat-obatan minimal 1 minggu sebelum penelitian, telah terbiasa menjalani aktivitas *resistance* minimal selama 6 bulan sebelumnya, tidak mengalami cedera otot yang serius dan memiliki indeks massa tubuh (IMT) yang normal. Subyek penelitian dibagi secara acak ke dalam 2 kelompok, kelompok control (K1) 11 orang dan kelompok perlakuan (K2) 11 orang. Setelah subyek penelitian dibagi kelompok, selanjutnya dilakukan pemeriksaan kesehatan awal yakni dilakukan dengan wawancara, pemeriksaan fisik yaitu pemeriksaan tekanan darah, denyut jantung, pengukuran berat badan dan tinggi badan serta indeks massa tubuh (IMT). Subjek penelitian diberikan penjelasan mengenai *information for consent* dan kemudian mengisinya. Sebelum pengambilan data, subjek penelitian hanya mengonsumsi air mineral selama 8 jam. Kemudian dilakukan pengukuran awal (*pre test*) kekuatan otot tungkai menggunakan alat *Back and Leg Dynamometer* dan ROM sendi lutut menggunakan *goniometer*.



Setelah *pre test*, subjek penelitian diberikan makan pagi dengan jumlah dan jenis yang sama sebelum melakukan aktivitas eksentrik. Setelah 2 jam selesai makan pagi, subjek penelitian melakukan aktivitas *Drop Jump* (naik turun bangku setinggi 50 cm) sebagai latihan eksentrik sebanyak 10 repetisi dan 10 set dengan interval 1 menit per set. Setelah 1 jam pasca aktivitas eksentrik, kemudian dilakukan pengukuran kekuatan otot tungkai dan ROM sendi lutut pada kedua kelompok penelitian (*post test 1*). Segera setelah *Post test 1*, kelompok perlakuan diberikan glutamine dan kelompok control diberikan air mineral. Selanjutnya kekuatan otot tungkai dan ROM sendi lutut diukur setelah 24 jam pasca aktivitas eksentrik (*Post Test 2*). Setelah *Post test 2* segera diberikan glutamine dan dilakukan lagi pengukuran kekuatan otot tungkai dan ROM sendi lutut 48 jam setelah aktivitas eksentrik (*Post Test 3*)

## HASIL

### 1. Hasil

Hasil pengambilan data didapatkan beberapa data utama dan data penunjang, yakni berat badan, tinggi badan, kekuatan otot tungkai, dan ROM sendi lutut. Berikut disajikan hasil uji deskriptif berat badan dan tinggi badan.

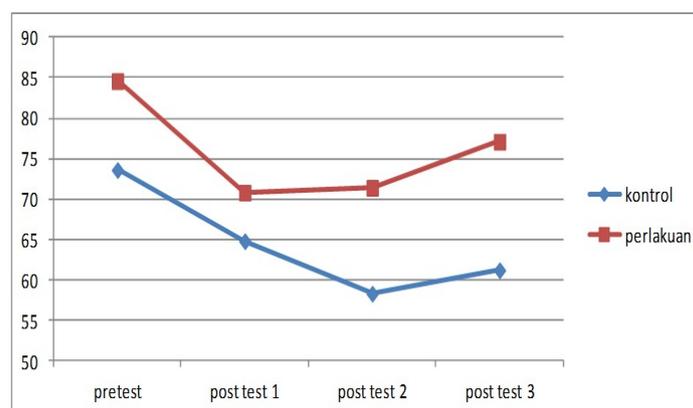
Tabel 1. Uji deskriptif berat badan dan tinggi badan

Variabel	Kontrol	Perlakuan
Berat badan (kg)	60,50 ± 4,51	59,46 ± 4,14
Tinggi badan (cm)	169,09 ± 3,91	168,18 ± 5,88

Setelah berat badan dan tinggi badan, berikut disajikan hasil uji deskriptif kekuatan otot tungkai pada kelompok control dan perlakuan.

Tabel 2. Uji Deskriptif kekuatan otot tungkai (Kg)

Kekuatan otot tungkai	Kontrol	Perlakuan
Pretest	73,6 ± 19,9	84,6 ± 16,5
Post test 1	64,8 ± 21,8	70,8 ± 19,4
Post test 2	58,3 ± 16,8	71,4 ± 17,4
Post test 3	61,2 ± 18,1	77,1 ± 17,6



Gambar. 3. Grafik kekuatan otot tungkai

Hasil uji t berpasangan kekuatan otot tungkai pada kelompok control menyatakan bahwa terjadi penurunan kekuatan otot tungkai setelah 1 jam, 24 jam dan 48 jam pasca aktivitas



eksentrik pada kelompok control maupun kelompok perlakuan. Namun kelompok perlakuan mengalami peningkatan kekuatan otot tungkai pada 24 jam dibandingkan 1 jam setelah aktivitas eksentrik. Selain itu, kelompok perlakuan juga mengalami peningkatan kekuatan otot tungkai pada 48 jam dibandingkan 1 jam dan 24 jam setelah aktivitas eksentrik. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dan tabel 3.

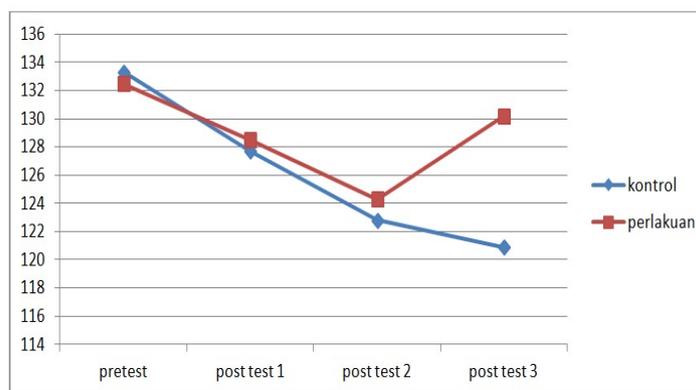
Tabel 3. Uji t berpasangan kekuatan otot tungkai kelompok kontrol dan perlakuan

Variabel	Kontrol p (sig)	Perlakuan p (sig)
<i>Pre test – post test 1</i>	0,000	0,000
<i>Pre test – post test 2</i>	0,000	0,000
<i>Pre test – post test 3</i>	0,000	0,000
<i>Post test 1 – post test 2</i>	0,010	0,811
<i>Post test 1 – post test 3</i>	0,137	0,008
<i>Post test 2 – post test 3</i>	0,030	0,005

Setelah disajikan uji deskriptif kekuatan otot tungkai, berikut disajikan hasil uji deskriptif ROM sendi lutut pada kedua kelompok.

Tabel 4. Uji Deskriptif ROM sendi lutut (derajat)

ROM	Kontrol	Perlakuan
Pretest	133,3 ± 3,9	132,5 ± 3,7
Post test 1	127,7 ± 3,1	128,5 ± 3,7
Post test 2	122,8 ± 3,3	124,3 ± 3,3
Post test 3	120,9 ± 3,6	130,2 ± 3,9



Gambar. 4. Grafik ROM Sendi lutut

Hasil uji t berpasangan ROM sendi lutut pada kelompok kontrol menyatakan bahwa terjadi penurunan ROM setelah 1 jam, 24 jam dan 48 jam pasca aktivitas eksentrik, sedangkan pada kelompok perlakuan setelah aktivitas eksentrik juga terjadi penurunan ROM pada setelah 1 jam, 24 jam dan 48 jam pasca aktivitas eksentrik. Namun terjadi peningkatan ROM pada 48 jam dibandingkan 1 jam dan 24 jam setelah aktivitas eksentrik. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 5.

Tabel 5. Uji t berpasangan ROM Sendi lutut kelompok kontrol dan perlakuan

Variabel	Kontrol p (sig)	Perlakuan p (sig)
<i>Pre test – post test 1</i>	0,000	0,000



<i>Pre test – post tset 2</i>	0,000	0,000
<i>Pre test – post test 3</i>	0,000	0,000
<i>Post test 1 – post test 2</i>	0,000	0,000
<i>Post test 1 – post test 3</i>	0,000	0,017
<i>Post test 2 – post test 3</i>	0,033	0,000

Hasil uji t 2 sampel bebas antara kelompok control dan kelompok perlakuan menyatakan bahwa ada perbedaan kekuatan otot tungkai dan ROM sendi lutut setelah aktivitas eksentrik pada kelompok perlakuan (diberikan glutamin) dengan kelompok kontrol (air mineral).

Tabel 6. Hasil uji t 2 sampel bebas kekuatan otot tungkai dan ROM sendi lutut

Delta	Kekuatan otot tungkai p (sig)b	ROM sendi lutut p (sig)
Delta 1	0,052	0,518
Delta 2	0,563	0,204
Delta 3	0,118	0,000
Delta 4	0,041	0,369
Delta 5	0,003	0,000
Delta 6	0,214	0,000

Keterangan :

Delta 1 : selisih *pre test - post test 1* kontrol dan perlakuan,

Delta 2 : selisih *pre test- post test 2* kontrol dan perlakuan,

Delta 3: selisih *pre test - post test 3* kontrol dan perlakuan,

Delta 4 : selisih *post test 1 - post test 2* kontrol dan perlakuan,

Delta 5: selisih *post test 1 - post test 3* kontrol dan perlakuan

Delta 6 : selisih *post test 2 - post test 3* kontrol dan perlakuan

Berdasarkan tabel 6 didapatkan delta kekuatan otot tungkai 1 jam setelah aktivitas dengan sebelum aktivitas antara kelompok kontrol dan perlakuan tidak berbeda bermakna dengan nilai  $p = 0,052$ , pada saat 24 jam setelah aktivitas eksentrik, kekuatan otot tungkai antara kelompok kontrol dan perlakuan berbeda secara bermakna, hal ini ditunjukkan oleh delta 4 dengan nilai  $p = 0,041$ . Hal tersebut juga terjadi pada saat 48 jam setelah aktivitas eksentrik, kekuatan otot tungkai antara kelompok kontrol dan perlakuan juga berbeda bermakna, hal ini ditunjukkan oleh delta 5 dengan nilai  $p = 0,003$ . Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pemberian glutamin setelah aktivitas eksentrik lebih meningkatkan kekuatan otot tungkai pada jam ke 24 dan 48 dibandingkan dengan pemberian air mineral. Sedangkan delta ROM sendi lutut 1 jam setelah aktivitas dengan sebelum aktivitas antara kelompok kontrol dan perlakuan tidak berbeda bermakna dengan nilai  $p = 0,518$ , pada saat 24 jam setelah aktivitas eksentrik, ROM sendi lutut antara kelompok kontrol dan perlakuan tidak berbeda bermakna hal ini ditunjukkan oleh delta 4 dengan nilai  $p = 0,369$ , sedangkan saat 48 jam setelah aktivitas eksentrik, ROM sendi lutut antara kelompok kontrol dan perlakuan berbeda bermakna hal ini ditunjukkan oleh delta 5 dengan nilai  $p = 0,000$ . Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pemberian glutamin setelah aktivitas eksentrik tidak lebih meningkatkan ROM sendi lutut pada jam ke 24, namun lebih meningkatkan pada jam ke 48 dibandingkan dengan pemberian air mineral.



## 2. Pembahasan

Kontraksi eksentrik terjadi saat gaya beban lebih besar dari pada gaya otot dan ditandai dengan pemanjangan otot. Aktivitas eksentrik merupakan aktivitas tahanan (*resistance*) yang sering menimbulkan rasa nyeri dan kerusakan otot, hal ini dikarenakan saat melakukan aktivitas eksentrik otot mengalami pemanjangan yang maksimal guna menghasilkan daya yang maksimal (Burnley *et al.*, 2010). Selain itu, selama aktivitas eksentrik terjadi peningkatan tegangan (*tension*) otot dibandingkan saat aktivitas isometrik maupun isotonik. Tingginya tegangan yang dihasilkan tersebut mengakibatkan sering terjadi kerusakan dan pengurangan kekuatan otot (Bompa, 1999). Menurut Jackman (2011), Setelah kontraksi yang melibatkan pemanjangan otot menyebabkan kerusakan pada sarkomer yang dapat mengakibatkan *excitation-contraction coupling* terganggu sehingga berdampak pada penurunan kekuatan otot. Kontraksi eksentrik menghasilkan tingkat kerusakan myofibril yang lebih besar akibat regangan yang berlebih dari sarkomer sehingga mengakibatkan gangguan pada sarkolema dan perombakan pada mesin kontraktil, hal ini akhirnya menyebabkan penurunan pada kekuatan otot akibat gangguan pada *exitaton-contraction couplin* (Willoughby 2003).

Berdasarkan hasil uji t berpasangan pada kelompok perlakuan, didapatkan hasil kekuatan otot tungkai 1 jam dengan 24 jam setelah aktivitas eksentrik tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai  $p = 0,811$ . Diketahui bahwa setelah 1 jam aktivitas eksentrik, kelompok perlakuan diberikan asupan glutamin sebesar 0,4 gram/kgBB/ hari, dengan demikian pada 24 jam setelah pemberian glutamin belum dapat meningkatkan kekuatan otot. Sedangkan uji t berpasangan kekuatan otot tungkai kelompok perlakuan pada 1 jam dengan 48 jam setelah aktivitas eksentrik terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai  $p = 0,008$ . Diketahui bahwa setelah pemberian glutamin pada jam ke 1 dengan 24 setelah aktivitas eksentrik terjadi peningkatan rerata kekuatan otot tungkai (lihat gambar 3). Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa asupan glutamin dapat meningkatkan kekuatan otot pada 48 jam setelah aktivitas eksentrik. Glutamin berperan dalam pembentukan kolagen, nukleotida dan fosfolipid. Ketiga unsur ini sangat penting dalam pembuatan sel-sel baru. Selain itu glutamin akan memberikan alfa-ketoglutarat yang masuk ke dalam siklus krebs sebagai bahan bakar oksidatif bagi sel-sel yang memperbanyak diri dengan cepat. Oleh karena itu, glutamin akan mempercepat penggantian atau perbaikan jaringan pada bagian tubuh yang rusak karena sakit maupun cedera (BPOM, 2008).

Keseimbangan protein otot yang positif atau *positive net muscle protein balance* akan terjadi akibat peningkatan dalam sintesis protein otot dan penurunan pada penguraian protein otot (Hulmi *et al.*, 2010). Regenerasi otot atau penggantian protein otot yang rusak memerlukan keseimbangan protein otot yang positif selama periode tertentu. Regenerasi otot sangat penting untuk membantu mengurangi penurunan kekuatan otot setelah aktivitas eksentrik (Jackman, 2011). ROM sendi merupakan jumlah maksimum gerakan yang mungkin dilakukan sendi pada salah satu dari tiga potongan tubuh: sagital, frontal dan transversal. *Range of motion* sendi adalah gambaran tentang seberapa banyak pergerakan yang dimiliki oleh sendi (Potter & Perry, 2006). ROM dipengaruhi oleh fleksibilitas otot dan kelompok otot yang mengelilingi sendi. Jika fleksibilitas otot kurang, sendi tidak dapat melakukan ROM secara penuh. Selain itu ROM juga dipengaruhi beberapa faktor, seperti mobilitas kapsul sendi dan ligamen, fascia, serta kekuatan otot (Luttgens & Hamilton, 1997). Terjadinya pembengkakan, peradangan serta gangguan pada myofibril setelah aktivitas aktivitas eksentrik menyebabkan peningkatan kekakuan otot pasif sehingga terjadi penurunan ROM pada sendi yang terkena (Willoughby 2003). Berdasarkan hasil uji t berpasangan pada kelompok perlakuan, didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai  $p = 0,000$  pada ROM sendi lutut 1 jam dan 24 jam setelah aktivitas eksentrik. Hal ini dikarenakan masih terjadi penurunan ROM pada sendi akibat aktivitas eksentrik (lihat gambar 4). Sedangkan hasil uji t berpasangan ROM kelompok perlakuan 1 jam setelah aktivitas eksentrik dan 48 jam setelah aktivitas eksentrik terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai  $p = 0,017$ . Diketahui bahwa setelah pemberian glutamin pada jam ke 1



dan 48 jam setelah aktivitas eksentrik terjadi peningkatan rerata ROM sendi lutut (lihat tabel 5). Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa asupan glutamin dapat meningkatkan ROM sendi lutut pada 48 jam setelah aktivitas eksentrik.

### Simpulan

Pemberian glutamine dapat mempercepat pemulihan dengan meningkatkan kekuatan otot tungkai dan ROM sendi lutut pada 48 jam setelah aktivitas eksentrik.

### REKOMENDASI

1. Perlu penelitian serupa dengan waktu pengukuran kekuatan otot dan ROM sendi lutut yang lebih lama minimal sampai 72 jam setelah aktivitas eksentrik untuk mengetahui proses pemulihan secara menyeluruh.
2. Perlu penelitian serupa dengan menggunakan pengukuran secara langsung dengan menggunakan biopsi otot, serta *magnetic resonance imaging techniques* (MRI), sebagai gambaran yang lebih spesifik mengenai kerusakan otot setelah aktivitas eksentrik.
3. Sebaiknya dosis pemberian glutamin perlu untuk ditingkatkan guna untuk mempercepat pemulihan secara menyeluruh

### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin H, (2009). *Metabolisme Glutamin*. Majalah Kedokteran Nusantara. 42: 66-71.
- Armstrong RB. (1990). *Initial Events In Exercise-Induced Muscular Injury*. Med Sci Sports Exercise. 22: 429-435.
- Atherton PJ, Etheridge T, Watt PW, Wilkinson D, Selby A, Rankin D, Smith K, and Rennie MJ. (2010). *Muscle Full Effect After Oral Protein: Time-Dependent Concordance And Discordance Between Human Muscle Protein Synthesis And Mtorc1 Signaling*. The American Journal Of Clinical Nutrition 92: 1080-1088
- Bishop PA, Jones E, Woods AK, (2008). *Recovery From Training: a Brief Review*: Review. Journal Strength Conditioning. 22: 781-796.
- Byrne C, Twist C, Eston R, (2004). *Neuromuscular Function After Exercise Induced Muscle Damage: Theoretical and Applied Implications*. Journal Sport Medicine. 34: 49-69.
- Bompa T, (1999). *Periodization Training For Sport: Program For Peak Strength in 35 Sport*. United States America: Human kinetic.
- BPOM,(2008). *Menggunakan Bahan Obat Alami Dengan Benar: Glutamin*. Jurnal Naturakos. 3: 1-12.
- Burnley DE, Angela NO, Sharp RL, Bailer SW, Alekel DL, (2010). *Impact of Protein Supplements on Muscle Recovery After Exercise-Induced Muscle Soreness*. Journal Exercise Science Fitness. 8: 89-96.
- Easton, K. (1999). *Gerontology rehabilitation nursing*, W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Fox, Bower and Poss, (1993). *The Physiological Basic Exercise and Sport*. USA: saunders W.B.
- Jackman SR. (2011). *Whole Body and Muscle Response To Protein and Branched Chain Amino Acid Feeding Following Intense Exercise*. *Exercise Metabolism Research Group*. School of Sport and Exercise Sciences. University of Birmingham
- Kozier, B., Erb, G. and Blais, K. (2004). *Fundamental Of Nursing, Concepts, Process And Practice*. Addison Wesley Publishing. Company Inc, California.
- Luttgens, K. & Hamilton, N. (1997). *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*, 9th Ed. Madison, WI: Brown & Benchmark.
- Marks DB, Marks AL, Smith CM, (2000). *Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis*. Terjemahan oleh Pendit Brahm. Jakarta: Gajah Mada University Press..
- Montgomery R, Dryer R L, Conway TW, Spector A, (1993). *Biokimia: Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus*. Terjemahan Ismadi. Yogyakarta: Gaja Mada University Press.



- Nia FR, Farzanedi E, Ali M. (2012). *Effect of L-Glutamine supplementation on electromyographic activity of the quadriceps muscle injured by eccentric exercise*. Iranian Journal of Basic Medical science. 16:80-86.
- Parry BM, Blomstand E, Mcandrew kl, Newsholme DS, (1990). *Acommunication Link Between Skeletal Muscle, Brain, and Cells Of The Imune System*. International journal sport medicine. 11: 22-28.
- Paulsen G, Cramerl R, Bebestad HB, Merkrid LH. (2010). *Time Course of Leukocyte Accumulation After Eccentric Exercise*. Journal Medical Sport exercise. 42: 72-83.
- Potter, & Perry, A. G. (2006). *Buku Ajar Fundamental Keperawatan: Konsep, Proses, Dan Praktik*, edisi 4, Volume.2. Jakarta: EGC.
- Roth E, (2008). *Nonnutritive Effects of Glutamin*. Journal nutrition. 138: 25-31.
- Street B, Chrystoper B, Reger R, (2011). *Glutamine Supplementation in Recovery From Eccentric Exercise Attenuates Strength Loss and Muscle Damage*. Jornal exrecise sience fitness. 9: 116-122.
- Tomlin DA, Wenger HA, 2001. *The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery From High Intensity Intermittent Exercise*. Journal Sport Medicine. 31: 1-11.
- Waddell D, Fredericks K. (2005). *Effect of glutamine supplement on the skeletal Muscle Contractile Force of Mice*. Am J Undergraduate Res. 4: 8-11.
- Willoughby DS, Clesivanenk, Lemuel Taylor. (2003). *Effects of Concentric and Eccentric Contractions on Exercise- Induced Muscle Injury, Inflammation and Serum IL-6*. Journal of The American Society of Exercise Physiologists. Vol 6.