

PENGARUH PEMBERIAN TABLET ASAM AMINO TERHADAP KELELAHAN OTOT

Jeffri Purnomo Setiawan¹, dr. Hardian²

ABSTRAK

Latar belakang : Asam amino merupakan suplemen yang dewasa ini sering dikonsumsi sebelum latihan untuk meningkatkan performa dan menghambat terjadinya kelelahan otot. Komponen utamanya yang berupa BCAA yang dibentuk oleh asam amino leucine, isoleucine dan valin. Suplementasi BCAA sebelum latihan membantu mencegah katabolisme protein yang disebabkan menurunnya kadar glikogen di otot. Creatin yang merupakan kombinasi dari asam amino glycine dan arginine juga memiliki peran penting dalam sistem energi tubuh dan sintesis protein. Pemberian creatin sebelum latihan dapat menambah energi saat latihan dan mempercepat pemulihan antar set. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian sebelumnya, bahwa asam amino dapat meningkatkan performa latihan masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh konsumsi tablet asam amino sebelum latihan terhadap kelelahan otot dengan parameter anaerob berupa *anaerobic fatigue*(AF) dan aerob berupa VO₂Max.

Metode : Penelitian eksperimental dengan *post test only controlled group design*. Subjek penelitian adalah 48 orang laki-laki usia 19-21 tahun mahasiswa FK UNDIP yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan, dibagi menjadi 2 kelompok, kelompok kontrol dan perlakuan. Kelompok perlakuan diberi satu tablet asam amino 2,2 gram 30 menit sebelum dilakukan tes. Pengukuran menggunakan tes Wingate untuk menilai kelelahan otot pada fase anaerob, dan tes ergometer sepeda untuk menilai parameter kelelahan otot pada fase aerob.

Hasil : Uji Chi-Square didapatkan proporsi terjadinya kelelahan berdasar nilai AF pada kelompok perlakuan lebih sedikit dibandingkan kelompok kontrol secara bermakna ($p=0,017$). Uji t-tidak berpasangan didapatkan perbedaan rerata nilai VO₂Max yang bermakna ($p=0,020$) dari kelompok kontrol dan perlakuan di mana rerata nilai VO₂Max kelompok kontrol lebih rendah daripada kelompok perlakuan.

Kesimpulan : Pemberian tablet asam amino 30 menit sebelum latihan berpengaruh secara bermakna terhadap terjadinya kelelahan otot pada fase aerob maupun anaerob.

Kata kunci : Tablet Asam Amino, *Anaerobic fatigue*(AF), VO₂Max

¹Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

²Staf Pengajar Bagian Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

EFFECT OF AMINO ACID TABLET INGESTION ON MUCLE FATIGUE

ABSTRACT

Background : Amino acid, these days is widely used before exercise to improve performance and prevent muscle fatigue. It's main component, BCAA, plays a role in preventing protein catabolism due to depletion number of glycogen in muscle. Creatine (combination of glycine and arginine) also plays role in human energy system and protein synthesis. .Based on recent studies ,amino acid's role in improving exercise performance still need more study .This study is aimed to prove the effect of amino acid ingestion before exercise on muscle fatigue with anaerobic fatigue (AF) as anaerobic parameter , and VO₂max as aerobic parameter.

Methods : This was experimental study with post test only controlled group design .The subjects of this study were 48 male students of medical faculty Diponegoro university (19-21 years old range)that fulfilled the exclusion and inclusion criterias.The subjects were divided into 2 groups, control (without treatment) and treatment group.Treatment group was given one tablet of amino acid consists of 2,2 grams of essential , non-essential, and conditional amino acidsr 30 minutes before the test.Proportion

Results:Proportion of the subject that has muscle fatigue is smaller in group which was given amino acid than subject wasn't given amino acid. Statistic analysis using chi square test shows that $p=0,017$, it means that the difference between these groups is significant. VO₂max of the subject that was given amino acid is higher than subject wasn't given amino acid. t-independent test as a statistic analysis shows that the difference between these group is significant ($p=0,020$).

Conclusion: Ingestion of one tablet (2,2 gram) amino acid 30 minutes before exercise affect significantly in the incidence of muscle fatigue both in aerob and anerob phase.

Keyword: Amino acid tablet, Anaerobic Fatigue (AF), VO₂max

1.PENDAHULUAN

Kelelahan otot adalah suatu kondisi yang diakibatkan oleh kontraksi otot yang kuat dan lama.¹ Dalam metode pengukuran, kelelahan otot dapat dinyatakan sebagai waktu terjadinya kelelahan otot, penundaan pemulihan otot, ataupun penurunan kekuatan otot.² Dalam tes wingate, persentase penurunan kekuatan otot dinyatakan sebagai *anaerobic fatigue*. Banyak factor yang berpengaruh terhadap terjadinya kelelahan otot diantaranya: penurunan glikogen otot, berkurangnya aliran darah ke otot, dll.¹ Namun sebagian besar kelelahan otot disebabkan oleh ketidakmampuan proses kontraksi dan metabolik serat-serat otot untuk terus memberikan hasil kerja yang sama. Kontraksi otot secara garis besar terjadi melalui dua mekanisme, yaitu: aerob dan anaerob. Mekanisme anaerob pada kontraksi otot berlangsung pada dua menit pertama sedangkan mekanisme aerob berlangsung setelah mekanisme anaerob.^{1,2}

Seperti halnya jaringan hidup lainnya, otot juga memerlukan energi untuk berkontraksi. Setiap kontraksi otot membutuhkan apa yang kita kenal dengan ATP (adenosin trifosfat) atau ikatan fosfat berenergi tinggi. Sumber ATP pada otot melalui 3 sumber utama yaitu substansi kreatin fosfat, glikogen otot, dan metabolisme oksidatif. Metabolisme oksidatif adalah sumber energi terpenting bagi otot karena hampir 95% energi yang digunakan otot untuk kontraksi jangka panjang berasal dari sumber ini. Proses ini membutuhkan sumber dari makanan yang kita konsumsi, baik berupa karbohidrat, protein, ataupun lemak.^{1,2}

Protein yang merupakan polimer dari asam-asam amino adalah unsur yang paling dibutuhkan oleh otot.³ Otot dan jaringan hidup lainnya membutuhkan protein untuk meregenerasi kembali sel-sel yang mengalami kerusakan.^{1,4,5} Protein di dalam tubuh dipecah menjadi asam-asam amino. Ada tiga jenis asam amino yang kita kenal yaitu asam amino esensial, asam amino non-esensial, dan asam amino kondisional. Masing-masing dari asam amino tersebut memiliki fungsi yang spesifik terhadap tubuh, khususnya jaringan otot.^{3,4}

Asam amino yang memiliki peran penting dalam mekanisme kontraksi otot adalah *branched-chain amino acid (BCAA)*. BCAA dibentuk oleh asam amino leucine, isoleucine dan valin.^{3,4} Suplementasi BCAA sebelum latihan membantu mencegah katabolisme protein yang disebabkan menurunnya kadar glikogen di otot. Creatin yang merupakan kombinasi dari asam amino glycine dan argynine juga memiliki peran penting dalam sistem energi tubuh dan sintesis protein. Pemberian creatin sebelum latihan dapat menambah energi saat latihan dan mempercepat pemulihan antar set.^{4,5}

Dengan demikian dapat diketahui adanya hubungan antara pemberian asam amino dengan mekanisme kontraksi dan suplai energi otot, namun hubungan langsung antara pemberian asam amino dengan penurunan insidensi kelelahan otot belum diketahui secara pasti.⁶

Dewasa ini, promosi produk yang gencar dan distribusi yang luas menyebabkan produk asam amino ini amat mudah didapatkan. Suplemen jenis

ini amat populer di awal tahun 2000-an dan menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat. Pada dasarnya asam amino 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.⁵ Pada kemasan produk asam amino ini dituliskan bahwa tiap tablet mengandung isolat murni asam amino, yang berarti hanya mengandung asam amino esensial, asam amino non-esensial, dan asam amino kondisional saja tanpa campuran zat lain di dalamnya.^{4,5} Namun manfaat dari produk ini tidak disebutkan secara spesifik pada kemasan. Hal ini menyebabkan ketidakjelasan tujuan mengonsumsi produk ini. Meskipun demikian, masyarakat tetap mengonsumsi produk ini.

Beberapa penelitian mengenai kandungan asam amino dalam suplemen makanan telah dilakukan, baik yang menyoroti manfaat yang diperoleh ataupun efek samping dari produk tersebut.^{4,5} Peran asam amino dalam kaitan dengan metabolisme energi menjadi salah satu dasar penelitian-penelitian sebelumnya. Namun demikian, manfaat dari pemberian amino masih belum diketahui secara pasti. Berdasarkan hal tersebut, pengaruh pemberian asam amino terhadap terjadinya kelelahan otot menjadi topik yang menarik untuk diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh pemberian suplemen asam amino terhadap terjadinya kelelahan otot. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hubungan antara pemberian tablet asam amino

dalam mencegah terjadinya kelelahan dan kontraksi otot secara aerob yang dinyatakan dalam VO_2max .

Hasil penelitian ini diharapkan dapat sebagai informasi kepada masyarakat dan khususnya pada olahragawan dalam memilih suplemen makanan sehingga diharapkan dapat memilih suplemen yang benar-benar memberikan manfaat. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan terhadap bidang ilmu yang bersangkutan dan penelitian sejenis dalam bidang ilmu yang bersangkutan, yaitu: ilmu kedokteran fisiologi olah raga

Hal yang membedakan antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah Pada penelitian ini, variabel yang digunakan adalah kelelahan yang disebabkan oleh mekanisme aerob dan anerob. Parameter yang digunakan untuk menilai mekanisme aerob adalah pengukuran VO_2max , sedangkan pada mekanisme anerob digunakan parameter *anaerobic fatigue*. Tes yang digunakan sebagai salah satu metode pengukuran kelelahan otot dalam penelitian ini adalah *wingate test*.

2. METODE

Bidang ilmu yang digunakan adalah Ilmu Fisiologi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro pada periode April – Mei 2010. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan rancangan *parallel group post-test only*

design. Variabel bebas pada penelitian ini adalah tablet asam amino (2,2 gram tablet asam amino murni). Variabel tergantung pada penelitian ini adalah *anerobic fatigue* dan $VO_2 \max$. AF dihitung dengan rumus : $AF = (PP \text{ tertinggi} - PP \text{ terendah}) / PP \text{ tertinggi} \times 100\%$. $VO_2 \max$ diukur dengan menggunakan tes ergometer sepeda *Monark* kemudian dibandingkan dengan *normogram metode astrand*.⁷

Anerobic fatigue diukur dengan menggunakan tes Wingate dengan membandingkan antara nilai PP tertinggi dan terendah yang dinyatakan dalam persen. Bila persentase AF $\geq 50\%$ maka termasuk kategori lelah sedangkan bila AF $< 50\%$ termasuk kategori tidak lelah. Jika termasuk kategori lelah pada AF maka dinyatakan sebagai kelelahan anaerobik. Pengukuran ini menggunakan skala nominal. $VO_2 \max$ diukur dengan menggunakan tes ergometer sepeda dengan membandingkan $VO_2 \max$ pada kelompok perlakuan dan kontrol. Jika terjadi peningkatan $VO_2 \max$, kelelahan yang terjadi pada akhir pemeriksaan dinyatakan sebagai kelelahan aerobik. Pengukuran ini menggunakan skala nominal.

Subyek penelitian ini adalah 48 orang mahasiswa FK Undip usia 19-21 tahun yang memiliki Indeks Massa Tubuh 17-24 dan tidak memiliki riwayat penyakit kardiorespirasi serta muskuloskeletal. Jumlah sampel penelitian adalah 48 orang yang akan dibagi menjadi 24 orang kelompok kontrol (tidak diberi tablet asam amino) dan 24 kelompok perlakuan (diberi tablet asam amino).

Bahan dan alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah 1.Stopwatch Heuer, Jerman, 2.Metronom Nikko Seiki, Jepang, 3.Tensimeter Rieser Nova Presameter, Jerman, 4.Stetoskop Riester, Jerman, 5.Mistar EKG Bayer, Jerman, 6.Ergometer sepeda Monark, Swedia, 7.Single Channel Elektrokardiografi Fukuda M-E Cardi Suny 501B-III Jepang, 8.Tablet 2,2 gram asam amino.

Subyek pada kelompok yang berbeda mengkonsumsi 1 tablet ($\pm 2,2$ gram) asam amino 5 menit sebelum penelitian sambil melakukan fisik diagnostik, mengukur berat badan, dan melakukan pemeriksaan EKG istirahat pada sampel. Melakukan pengukuran beban tahanan berdasarkan berat badan subjek menggunakan rumus $= 0,075$ per kg BB. Subyek duduk di atas ergometer sepeda dengan dipasang elektrode dada seperti halnya sandapan dada konvensional, sedangkan elektrode RA dan LA ditempatkan di regio subclavikularis pada garis medioklavikular setinggi SIC II dan elektrode RL dan LL di regio intrascapularis setinggi T4 garis vertebra. Pemeriksa mencatat nadi sampel saat istirahat, bila ≥ 100 x/ menit ditunggu agar nadi turun dulu. Subyek diminta untuk melakukan pemanasan selama 3-5 menit kemudian subyek diminta mengayuh sepeda ergometer tanpa beban tahanan dengan sekuat-kuatnya. Setelah 3 detik, beban tahanan diterapkan pada roda sepeda. Lanjutkan mengayuh sepeda selama 30 detik lamanya dan dihitung revolusi(perputaran) roda dalam interval 5 detik. Data tersebut dihitung dengan rumus baku AF dan subyek diistirahatkan selama 30 menit.

Subyek diminta untuk mengayuh pedal dengan irama 50x/ menit tanpa beban selama 1-2 menit untuk pemanasan atau dengan melihat jarum speedometer. Setelah pemanasan, beban mulai secara perlahan dinaikkan. Selama kerja EKG direkan setiap menit dan tekanan darah diukur pada permulaan dan akhir tahap pembebanan. Tes dilakukan selama 6 menit untuk setiap pembebanan dan tiap menit nadi harus dicatat. Caranya dengan mengambil denyut nadi pada 10 detik terakhir menit tersebut. Mengatur dan meningkatkan beban kerja setiap 6 menit, diharapkan pada pembebanan ke III tercapai denyut nadi 170x/menit. Pada sampel dimulai dari 100 watt(600KPM/menit) kemudian 150watt (900KPM/menit), 200 watt (1200 KPM/menit),250 watt (1500KPM/menit). Untuk pemeriksaan masa pemulihan diperlukan tes maksimal, dengan denyut jantung 180x/menit. Pada saat ini sampel diperiksa tekanan darahnya. Setelah beban ditiadakan sampel berangsur-angsur menghentikan sepeda dan diperiksa EKG dan tekanan darah masa pemulihan setiap menit sampai 6menit dalam keadaan duduk di atas ergometer. Pemeriksa menghitung denyut jantung dan tekanan darah subyek saat pemulihan pada menit 1,3, dan 5.

Data hasil penelitian yang telah diuji kebenaran dan ketepatannya dikoding dan dientry ke dalam komputer dengan menggunakan program *SPSS for Windows 15.0*. Setelah dilakukan cleaning, akan dilakukan analisis statistik. Variabel yang berskala kategorial dinyatakan sebagai distribusi frekuensi dan persen sedangkan variabel yang berskala kontinyu dinyatakan sebagai rerata dan simpang baku. Perbedaan kategori kelelahan antara

kelompok perlakuan dan kontrol diuji dengan uji *chi-square*. Data nilai VO_2 max yang diperoleh diuji distribusinya dengan ujia saphiro wilk. Perbedaan rerata nilai VO_2 max antara kelompok kontrol dan perlakuan diuji menggunakan uji t-tidak berpasangan bila distribusinya normal, dan menggunakan uji mann whitney bila distribusinya tidak normal. Perbedaan dianggap bermakna bila $p < 0,05$.⁸

3. HASIL

Penelitian ini dilakukan pada periode April-Mei 2010. Pada periode tersebut dijumpai 48 mahasiswa FK UNDIP angkatan 2006-2007 yang sesuai dengan kriteria penelitian. Mahasiswa tersebut secara acak dibagi menjadi kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Kelompok kontrol sebesar 24 orang dan kelompok perlakuan sebesar 24 orang.

Tabel 1. Karakteristik Subyek Penelitian

Karakteristik	Kelompok Perlakuan	Kelompok Kontrol	p
	Retata ± SB	Retata ± SB	
Umur (tahun)	21,5 ± 0,59	21,7 ± 0,64	0,202 [∞]
BB (kg)	66,68 ± 4,41	65,2 ± 5,62	0,443 [∞]
TB (cm)	172,5 ± 4,16	167,8 ± 5,33	0,002*
BMI (kg/m ²)	22,40 ± 0,93	23,18 ± 2,06	0,080*

BB = Berat Badan

*= Uji t-tidak berpasangan

[∞] = Uji Mann-Whitney

SB = Simpang Baku

Tabel 1 menunjukkan bahwa subyek penelitian memiliki usia yang hampir sama, di mana kelompok perlakuan memiliki usia sedikit lebih muda dari kelompok kontrol. Pada hasil pengukuran tinggi badan terdapat perbedaan bermakna di antara kedua kelompok, yaitu kelompok perlakuan memiliki tinggi lebih besar dari kelompok kontrol. Tetapi perbedaan tinggi badan ini tidak terlalu mempengaruhi hasil penelitian secara keseluruhan karena pada akhirnya BMI kedua kelompok tidak berbeda bermakna.

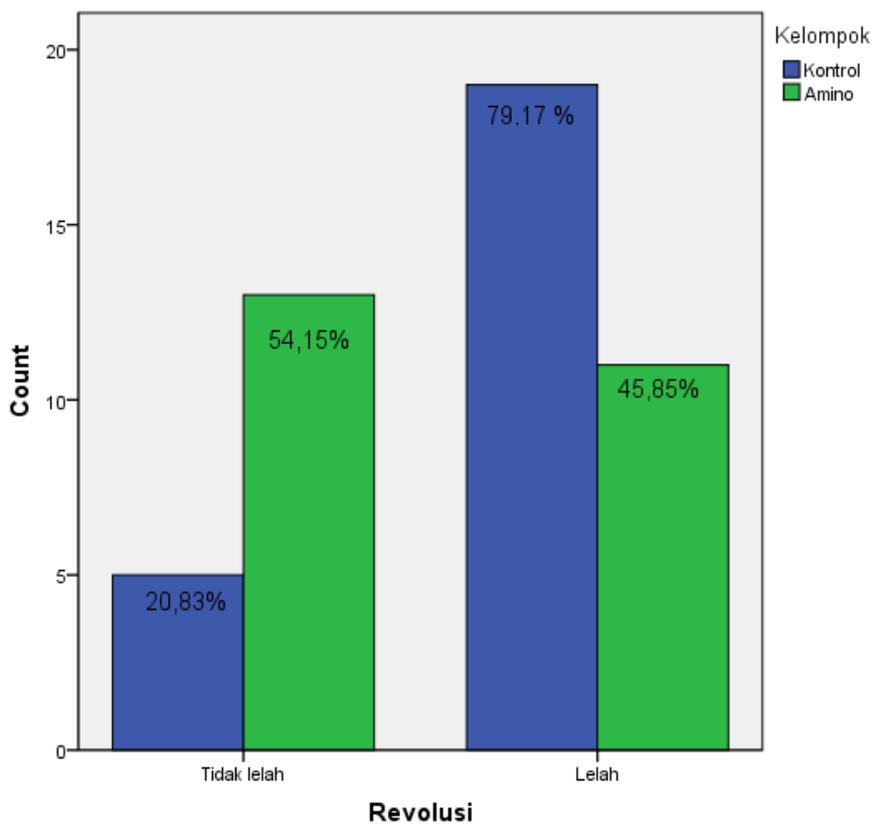
Pada *wingate test* jumlah revolusi dihitung selama enam kali. Anaerobic fatigue diperoleh dari selisih antara PP tertinggi dan PP terendah yang dinyatakan dalam persen. Dikatakan masuk kategori lelah bila $AF \geq 50\%$ dan dikatakan tidak lelah bila $AF < 50\%$.

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Wingate test*

KATEGORI AF	Kelompok Perlakuan	Kelompok Kontrol
Lelah	11 (45,85%)	19 (79,17%)
Tidak Lelah	13 (54,15%)	5 (20,83%)
Jumlah	24 (100%)	24 (100%)

AF = *Anaerobic Fatigue*

Uji χ^2 , $p = 0,017$



Gambar1. Grafik Hasil Pengukuran *Wingate Test*

Dari dua data tersebut dapat dilihat perbedaan hasil yaitu insidensi terjadinya kelelahan pada kelompok perlakuan lebih sedikit dibandingkan kelompok kontrol.

Pada tes ergometer sepeda dihitung VO_{2max} yang dilihat dari pengukuran denyut jantung dan beban dengan menggunakan nomogram astrand. Selama tes berlangsung nadi dan tekanan darah dihitung setiap menit. Tes dikatakan berhenti bila dicapai nadi maksimal.

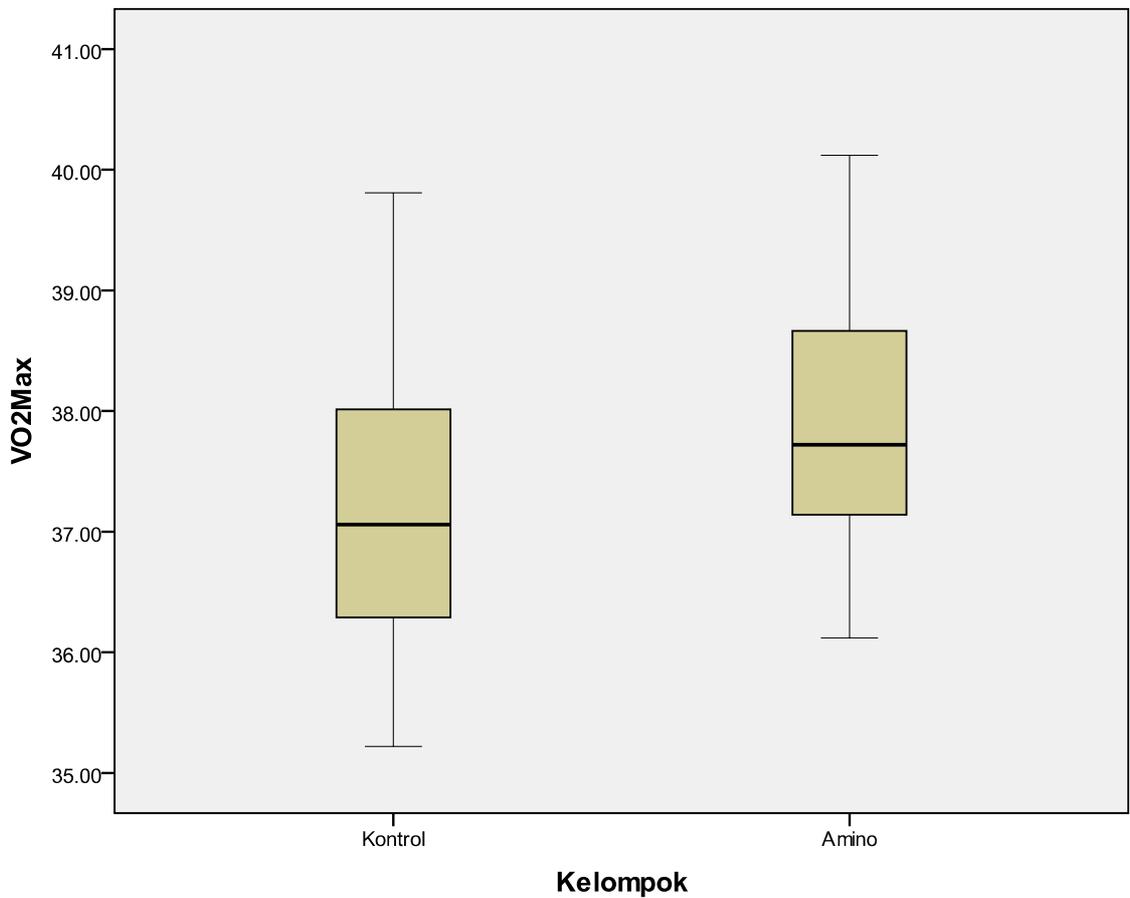
Tabel 3. Nilai VO_{2max}

PENGUKURAN	Kelompok Perlakuan	Kelompok Kontrol	P
	Retata \pm SB	Retata \pm SB	
VO ₂ max	37,93 \pm 0,99	37,21 \pm 1,07	0,020*

SB = Simpang Baku

*= Uji t-tidak berpasangan

Tabel 3 menunjukkan bahwa rerata nilai VO_{2max} pada kelompok kontrol lebih rendah daripada kelompok perlakuan. Dari hasil dapat diketahui juga bahwa kelompok perlakuan mengalami peningkatan nilai VO_{2max} yang bermakna. Adapun perbedaan nilai VO_{2max} tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perubahan nilai VO_{2max} pada kelompok kontrol dan perlakuan

4. PEMBAHASAN

Penelitian ini membuktikan pengaruh pemberian tablet asam amino terhadap terjadinya kelelahan otot baik yang terjadi pada fase anaerob maupun aerob. Oleh karena itu, penulis menggunakan *Wingate test* untuk mengetahui kelelahan otot yang terjadi pada fase anaerob dan tes ergometer sepeda pada fase aerob. Pada *wingate test*, penulis menghitung jumlah putaran roda selama 30 detik yang dibagi menjadi enam fase sehingga didapat hitungan selama 5

detik. Variabel yang digunakan adalah *anaerobic fatigue (AF)* yang didapatkan dari selisih jumlah putaran tertinggi dan putaran terendah yang dinyatakan dalam persen. Sedangkan pada tes ergometer sepeda, penulis menghitung VO_2max probandus yang dilihat dari denyut jantung dan beban selama tes berlangsung. Kedua hasil tersebut diukur menggunakan nomogram astrand sehingga diperoleh nilai VO_2max . Tes ini berlangsung sampai dicapai nadi submaksimal yaitu 187 melalui hasil pengukuran EKG.

Hasil penelitian menunjukkan asam amino terbukti memiliki pengaruh terhadap terjadinya kelelahan otot baik pada fase anaerob maupun aerob.^{9,10,11,12} Hal ini sesuai dengan yang diharapkan pada penelitian ini. Berdasarkan teori, Asam amino yang memiliki peran penting dalam mekanisme kontraksi otot adalah *branched-chain amino acid (BCAA)*. BCAA dibentuk oleh asam amino leucine, isoleucine dan valin.^{3,4,12,13,14} Suplementasi BCAA sebelum latihan membantu mencegah katabolisme protein yang disebabkan menurunnya kadar glikogen di otot (fase anaerob).^{13,14,15} Creatin yang merupakan kombinasi dari asam amino glycine dan arginine juga memiliki peran penting dalam sistem energi tubuh dan sintesis protein (fase aerob). Pemberian creatin sebelum latihan dapat menambah energi saat latihan dan mempercepat pemulihan antar set.^{12,15,16} Dengan demikian hasil penelitian ini sesuai dengan teori yang telah ada.

Proporsi subyek penelitian yang mengalami kelelahan otot lebih kecil pada kelompok yang menerima tablet asam amino dibandingkan dengan yang tidak menerima tablet asam amino. Pada penelitian sebelumnya, pemberian

BCAA per oral sebesar 60 mg/kg BB sebelum melakukan aktivitas dapat menurunkan rasio *free-tryptofan/BCAA* yang dapat menunda terjadinya kelelahan otot.^{13,14} Sedangkan pada penelitian lainnya, Pemberian 2 tablet (4gram) asam amino sebelum olah raga dapat mencegah terjadinya kelelahan otot 20% lebih banyak dibandingkan placebo.^{9,14} Pemberian 3,6 gram kombinasi asam amino leucine, isoleucine, dan valine pada pagi dan sore hari juga dapat meningkatkan kadar sel darah merah, hemoglobin, dan CPK sebesar 13%, 5%, dan 6%.^{15,16} Dari penelitian-penelitian tersebut diketahui adanya pengaruh pemberian asam amino baik pada fase aerob maupun anerob.

5.KESIMPULAN DAN SARAN

Proporsi subyek penelitian yang mengalami kelelahan otot lebih kecil secara signifikan ($p=0,017$) pada kelompok yang menerima tablet asam amino dibandingkan dengan yang tidak menerima tablet asam amino. Rerata VO_2 max pada kelompok yang mendapat tablet asam amino lebih tinggi secara signifikan ($p=0,020$) dibandingkan dengan yang tidak menerima tablet asam amino.

Untuk penelitian selanjutnya, penulis mengusulkan untuk menggunakan dua tes untuk mengukur kelelahan otot pada fase anaerob yaitu *wingate test* dan *vertical jump test* sehingga dapat diperoleh perbandingan dari dua tes tersebut. Sedangkan untuk pengukuran VO_2 max perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan faktor aktivitas fisik. Perlu dilakukan penelitian dengan karakteristik subyek yang lebih terkontrol untuk mendapatkan hasil yang lebih

akurat. Dengan demikian, penulis menyatakan kesanggupan untuk melakukan penelitian selanjutnya yang direkomendasikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terlaksananya penelitian dan penulisan KTI ini dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. dr. Hardian selaku dosen pembimbing atas bimbingan, saran, serta bantuannya selama pelaksanaan KTI ini.
2. dr. Pudjadi, SU selaku ketua penguji proposal penelitian KTI.
3. dr Hari Peni Julianti, M.Kes selaku dosen penguji proposal penelitian KTI.
4. Staf Laboratorium Fisiologi FK UNDIP yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini.
5. Keluarga, teman-teman satu kelompok, serta pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Guyton AC, Hall JE. Fisiologi Kedokteran. Ed 9. Jakarta: EGC.1997; 91-102,1339-1353.
2. Griwijoyo, Santosa. Ilmu Faal Olahraga, Fungsi Tubuh Manusia pada Olahraga untuk Kesehatan dan untuk Prestasi.2002;16-17.
3. Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. Biokimia harper. 25th ed. Jakarta : EGC; 2003; p 114-116,290, 681-687
4. American College of Sports Medicine. Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5th Edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 2006; Chapter 4.
5. Roberts MD, Taylor WT, et all. Journal of International Society of Sports Nutrition.2001;1187-1199.
6. Ganong WF. Fisiologi kedokteran. Ed 17. Jakarta: EGC.1999; 61-70.
7. Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Stromme SB. Textbook of work physiology. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics ; 2003.
8. Dahlan MS. Statistik untuk kedokteran dan kesehatan. 4th ed. Jakarta : Salemba Medika; 2009. p. 1-26,41-4,76-80,106-18.
9. Hall GV, Raaymakers JSH, Saris WHM, Wagenmakers AJM. Ingestion of branched chain amino acid and tryptofan during sustained exercise in man. Journal of physiology 2002;789-94.
10. Rennie MJ. Influence of exercise on protein and amino acid metabolism. In: Rowell LB, Shepherd JT, editors. Handbook of physiology, section 12:

exercise: regulation and integration of multiple systems. New York: Oxford University Press; 1996. p. 995–1035.

11. Asmussen E. Muscle fatigue. *Med Sci Sports*. 1979;11:313-21.
12. Ahlborg G, Felig P. Substrate turnover during prolonged exercise in man. *J Clin invest*. 1974;53:1080-90.
13. Blomstrand E. A role for branched chain amino acids in reducing central fatigue. *The Journal of Nutrition* 2004; 544s-51s.
14. Newsholme EA, Blomstrand E. Branched chain amino acids and central fatigue. *American society for nutrition* 2005; 274s-7s.
15. Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA. Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr*. 2004;134 (Suppl):S1583–7.
16. Shimomura Y, Obayashi M, Murakami T, Harris RA. Regulation of branched-chain amino acid catabolism: nutritional and hormonal regulation of activity and expression of the branched-chain α -keto acid dehydrogenase kinase. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001;4:419–23.