

# PERBEDAAN PENGARUH PEMULIHAN AKTIF DAN PEMULIHAN PASIF DI AIR HANGAT TERHADAP PENURUNAN KADAR ASAM LAKTAT SETELAH AKTIVITAS FISIK SUBMAKSIMAL

Ardo Yulpiko Putra<sup>1</sup>, Heru Syarli Lesmana<sup>2</sup>

**Abstrak:** Pemulihan adalah salah satu cara untuk menurunkan kadar asam laktat darah setelah latihan, ada beberapa macam pemulihan yaitu pemulihan aktif dan pemulihan pasif, namun pemulihan aktif dan pemulihan pasif di air hangat belum terlalu dikenal. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan pengaruh pemulihan aktif dan pemulihan pasif di air hangat (35-37°C) terhadap penurunan kadar asam laktat darah setelah aktifitas fisik submaksimal. Rancangan penelitian yang digunakan adalah *the randomized pre test and post test group design*. Pada penelitian ini menggunakan 9 orang. Sampel dibagi menjadi 2 kelompok atau diberi 2 perlakuan yaitu K1 dan K2, kedua kelompok diberi perlakuan aktivitas fisik submaksimal 85% *heart rate* maksimal, bentuk aktivitas fisik submaksimal menggunakan ergocycle, 10 menit pemulihan aktif dan pemulihan pasif di air hangat dilakukan setelah aktifitas fisik submaksimal, pemulihan aktif berupa latihan renang ditempat tanpa beban dan pemulihan pasif hanya diam tanpa gerakan, pemulihan dilakukan selama 5 menit. Data yang didapat dari hasil penelitian diolah menggunakan statistik program SPSS 16. Hasil menunjukkan bahwa rerata kadar asam laktat darah pada *pre test* 9,36±1,82 mMol/L, kelompok K1 *post test* 1 3,75±1,04 mMol/L, kelompok K1 *post test* 2 2,70±0,88mMol/L, kelompok K2 *post test* 1 5,28±1,35 mMol/L, kelompok K2 *post test* 2 3,12±1,01 mMol/L. Data diolah menggunakan statistik deskriptif dan inferensial (uji normalitas, uji homogenitas, uji t berpasangan dan t bebas) dengan taraf signifikansi  $p < 0,05$ . Hasil uji t berpasangan ada penurunan asam laktat secara bermakna (0,000) uji t bebas delta 1 aktif dan delta 1 pasif  $p = 0,031$ , delta 3 aktif dan delta 3 pasif  $p = 0,015$  yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok pemulihan aktif di air hangat dengan kelompok pemulihan pasif di air hangat. Dengan demikian dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar asam laktat darah lebih besar pada pemulihan aktif di air hangat dibanding pemulihan pasif di air hangat.

**Kata kunci :** asam laktat, pemulihan aktif, pemulihan pasif dan air hangat.

## PENDAHULUAN

Peningkatan prestasi olahraga seorang atlet haruslah terus berlatih agar mencapai hasil yang maksimal, namun berlatih tanpa pemulihan tidak akan mencapai hasil yang maksimal, karena mereka hanya meningkatkan aspek penampilan tanpa mengatasi kelelahan yang terjadi (Russ Hall, pyke, 1992).

---

<sup>1</sup> Ardo Yulpiko Putra adalah Dosen FKIP Universitas Pasir Pangaraian

<sup>2</sup> Heru Syarli Lesmana adalah Dosen Fakultas Ilmu Keolahragaan UNP

Pemulihan atau recovery adalah masa pengembalian kondisi tubuh pada keadaan sebelum perlombaan (Soekarman,1991). Fase ini merupakan keadaan yang sangat diperlukan oleh tubuh untuk kembali ke keadaan semula. Pemulihan yang tidak sempurna antara satu latihan fisik dengan latihan fisik berikutnya atau antara satu pertandingan dengan pertandingan berikutnya akan menurunkan kinerja seorang atlet (Patellongi, 2004). Pemulihan yang sempurna akan menjadikan seorang atlet kembali ke keadaan semula seperti sebelum melakukan pertandingan.

Pada masa pemulihan akan terjadi pula pemulihan cadangan energi, pembuangan asam laktat dari darah dan otot dan pemulihan cadangan glikogen. (Fox,1993). Aktifitas fisik yang dilakukan dengan intensitas tinggi dan terus menerus dapat menyebabkan peningkatan kadar asam laktat dalam darah maupun otot (Fox et al, 1993). Peningkatan kadar asam laktat akan menurunkan pH darah dan penurunan pH darah akan menyebabkan penurunan kecepatan reaksi enzim di dalam sel sehingga akan menurunkan kemampuan metabolisme dan produksi ATP yang merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kelelahan. Untuk mengurangi kelelahan yang terjadi maka kadar asam laktat dalam darah maupun otot harus segera diturunkan sampai pada batas ambang normal (Falk, 1995). Parameter asam laktat sebagai indikator kelelahan diperkuat oleh pendapat Westerblad et al (2000), yang menjelaskan dalam penelitiannya bahwa kelelahan otot disebabkan oleh asidosis intraseluler akibat akumulasi asam laktat. Penelitian ini telah terbukti bahwa penurunan kadar asam laktat darah setelah latihan fisik sesaat dengan pemulihan aktif di air hangat (suhu 35 °C- 37 °C ) lebih besar daripada di air suhu ruang (< 31 °C ) yang telah dilakukan (Rachmaniah, 2010).

Bentuk pemulihan dapat dilakukan dengan cara pemulihan aktif dan pemulihan pasif sebagai contoh berendam di air hangat secara aktif dengan berenang ditempat dan secara pasif dengan duduk diam. Menurut Brook (1999) dan Fox (1993), bahwa bentuk pemulihan aktif akan lebih mempercepat proses pemulihan kadar laktat darah bila dibandingkan dengan pemulihan pasif. Pemulihan dapat dilakukan dengan berbagai macam cara dengan menurunkan beban dari aktifitas tersebut, seperti pemulihan aktif dengan bersepeda atau naik turun bangku (Kumaidah, 2002). Pemulihan dengan melakukan pijat *massage* (Prasetyo, 2008).

Menurut Peni (2008) dari klinik Dharma Raya Lestari Jakarta, air adalah media terapi yang tepat untuk pemulihan otot dan sendi yang kaku atau cidera. Air hangat yang digunakan memiliki suhu berkisar 31°C- 37 °C. Kisaran suhu ini cukup aman dan memberikan efek relaksasi, mengurangi rasa nyeri, mempunyai dampak fisiologis bagi tubuh, yaitu dampak pada

pembuluh darah. Selain itu, latihan di dalam air berdampak positif terhadap otot jantung dan paru, sirkulasi pernafasan menjadi lebih baik. Suhu 31 °C juga mempengaruhi oksigenisasi jaringan sehingga dapat mencegah kekakuan otot, menghilangkan rasa nyeri (Peni, 2008). Salah satu cara yang belum terlalu dikenal adalah pemulihan aktif dan pasif di air hangat. Suhu air yang hangat akan memperbaiki sirkulasi darah dan memperbaiki kinerja enzim yang bekerja pada metabolisme tubuh dalam menghasilkan ATP.

Berbagai penelitian yang mengkaji bentuk dan gerakan pemulihan yang efektif untuk menurunkan kadar laktat yaitu pemulihan aktif naik turun bangku lebih menurunkan kadar asam laktat bila dibandingkan dengan pemulihan aktif bersepeda, telah dilakukan (Kumaidah, 2002). Pada penelitian (Afriwandi 2007) Pemulihan aktif setelah olahraga submaksimal lebih cepat menurunkan kadar asam laktat dibanding pemulihan pasif. Namun belum pernah dilakukan penelitian tentang pengaruh pemulihan aktif dan pasif setelah aktifitas fisik submaksimal yang dilakukan di air hangat dan ditinjau dari aspek kelelahan dengan sampel manusia.

Kadar asam laktat akan mengalami penurunan apabila aktivitas fisik dihentikan atau pada saat pemulihan (Soekarman R, 1991). Berdasarkan berbagai hal tersebut, dilakukan penelitian untuk membuktikan pengaruh perbedaan pemulihan aktif dan pasif di air hangat (suhu 35°C - 37°C) terhadap penurunan kadar asam laktat setelah aktifitas fisik submaksimal. Penelitian diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan yaitu memberikan sumbangan dalam perkembangan ilmu kesehatan olahraga di Indonesia yaitu memperbanyak metode pemulihan yang efektif dalam menurunkan kadar asam laktat pada pelaksanaan latihan di lapangan.

#### **A. Sistem asam laktat (lactic acid system/ glikolisis anaerobik)**

Sistem asam laktat adalah sistem anaerobik dimana ATP dihasilkan pada otot skelet melalui glikolisis. sistem asam laktat penting untuk olahraga intensitas tinggi yang lamanya 20 detik - 2 menit (Fox, 1993), renang gaya bebas 100 m. Glukosa dari glikogen otot dipecah menjadi asam laktat. sistem ini penting untuk *exercise* anaerobik dengan intensitas tinggi yang berguna untuk melakukan kontraksi otot. Setelah 1,5 - 2 menit melakukan *exercise* anaerobik, penumpukan laktat yang terjadi akan menghambat glikolisis, sehingga timbul kelelahan otot. Melalui sistem ini dari 1 mol (180 gram) glikogen otot dihasil 2 molekul ATP. Menurut Sukarman (1991) sistem asam laktat ini berjalan lebih lambat jika dibandingkan dengan ATP-PC (2 reaksi), adapun ciri-ciri sistem ini adalah sebagai berikut: a. Menyebabkan terbentuknya asam

laktat dan dapat menyebabkan kelelahan. b Tidak membutuhkan oksigen. C Hanya menggunakan karbohidrat. d. Pelepasan energi yang hanya cukup untuk resistensi ATP dalam jumlah yang sedikit (Fox, 1993). Apabila aktivitas maksimum terus berlangsung, maka glikolisis anaerobik akan terus berjalan sehingga produksi asam laktat akan bertumpuk, hasil dari glikolisis anaerobik ini akan menghasilkan asam laktat, dan menurunkan pH dalam otot maupun darah. Selanjutnya perubahan pH ini akan menghambat kerja enzim-enzim dan akhirnya menghambat reaksi kimia dalam sel tubuh, terutama dalam sel otot, sehingga mengakibatkan kontraksi otot bertambah lemah dan akhirnya otot mengalami kelelahan (Mc Govern, 1997).

## **B. Produksi asam laktat**

Asam laktat merupakan metabolit yang menyebabkan kelelahan dan diproduksi dari sistem asam laktat atau glikolisis anaerobik sebagai akibat pemecahan glukosa yang tidak sempurna (fox, 1993). Akumulasi asam laktat dapat terjadi selama melakukan latihan dengan intensitas yang tinggi dalam waktu yang singkat, hal ini disebabkan karena produksi asam laktat lebih tinggi daripada pemusnahannya (Brooks, 1984). Didalam darah asam laktat selalu ada berasal dari metabolisme secara anaerobik didalam eritrosit (Fox, 1993), Meskipun demikian jumlah asam laktat dalam tubuh relatif tetap. Pada orang sehat dalam keadaan sedang istirahat, jumlah asam laktatnya sekitar 1-2 mM/l (Janssen, 1987; Human kinetics, 2004), 1-1,8 mM/l (fox, 1993). Kadar asam laktat darah yang melebihi 6 mM/l dapat mengganggu mekanisme kerja sel otot sampai pada tingkat koordinasi gerakan. Asam laktat, hendaknya tidak hanya dianggap sebagai suatu zat metabolit laktat tetapi juga merupakan sumber energi dari energi kimia yang berakumulasi didalam tubuh selama melakukan latihan fisik. Asam laktat siap dikonversi dalam tubuh menjadi asam piruvat dan digunakan sebagai salah satu sumber energi. Jalur metabolisme yang menghasilkan asam laktat dalam tubuh adalah jalur *Emden-Mayerhoff* (E-M). Asam laktat dibuat dari asam piruvat dengan bantuan katalis *lactate dehydrogenase*. Berdasarkan siklus cori, asam laktat yang diproduksi melalui jalur E-M dalam sitoplasma akan berdifusi kedalam darah dan diangkut kehati untuk diubah kembali menjadi asam piruvat. Asam laktat yang terbentuk didalam otot selama latihan dan diubah didalam hati melalui siklus cori (*cory cycle*) (Mc. Adle, 1986). Batas toleransi antara terhadap ketinggian konsentrasi asam laktat pada otot dan darah selama melakukan aktivitas latihan fisik tidak diketahui pasti. Namun demikian, toleransi kadar asam laktat pada manusia diperkirakan mencapai diatas 20mM/l darah

dan 25 mM kg /berat otot basah, dan bahkan bisa mencapai diatas 30 mM/l pada latihan dinamis dengan intensitas tinggi (Gollnick, 1986).

### **C. Latihan fisik dan asam laktat**

Pada saat melakukan latihan, terutama dengan intensitas tinggi, jumlah energi yang diperlukan sangat besar dalam waktu yang relatif singkat. Persediaan energi dalam bentuk ATP, akan digunakan secara besar-besaran untuk mendukung aktivitas tersebut. Agar terjadi kesetimbangan energi dalam tubuh dan untuk menjaga kestabilan fungsi tubuh seluruh aktivitas basal tubuh maka bahan-bahan cadangan energi seperti lemak dan glikogen akan dioksidasi untuk menghasilkan energi. Dalam kondisi ini pasokan oksigen sebagai oksidator utama harus mencukupi kebutuhan. Pada latihan maksimal selama 30-120 detik, kadar laktat bisa mencapai 15-25 mM yang diukur setelah latihan 3-8 menit, peningkatan kadar asam laktat yang tinggi mengindikasikan terjadinya iskemia dan hipoksia (Goodwin, 2007). Akan tetapi pada latihan yang submaksimal akan menyebabkan penurunan akumulasi asam laktat terutama pada latihan daya tahan. Penurunan akumulasi asam laktat akan menyebabkan ambang anaerobik menjadi meningkat. Ini disebabkan karena sistem aerobik sangat tergantung pada kecepatan pembentukan asam laktat (Fox, 1993).

### **D. Efek Penumpukan asam laktat**

Kadar asam laktat yang tinggi dapat timbul sebagai akibat beban kerja yang berat. Karena ketidak mampuan sistem pemasok energi aerobik, sehingga suplai energi dari sumber energi anaerobik mendominasi (Janssen, 1989). Asam laktat terbentuk dalam keadaan istirahat. Asam laktat terbentuk karena adanya reaksi reduksi asam piruvat oleh *nikotinamida adenine dinukleotida hydrogen* (NADH) dengan penolongan *laktat dehidrogenase* (LDH) yang tetap berlangsung walaupun dalam jumlah yang sedikit. Peningkatan asam laktat dalam otot dan darah akan berdampak kurang menguntungkan bagi aktivitas sel akibat terganggu kinerja sejumlah enzim LDH yang bekerja pada pH netral atau basa sebagai katalis pada berbagai proses metabolisme. Hal ini tentu akan semakin mengganggu aktivitas sel dalam memproduksi energi untuk menunjang aktivitas tubuh (Sudarso, 2004).

Keadaan asam (pH rendah) didalam otot dapat mengganggu berbagai macam mekanisme sel otot, seperti : 1) menghambat kerja enzim aerobik sehingga menurunkan kapasitas ketahanan aerobik. 2) menghambat terbentuknya kreatin fosfat, sehingga mengganggu

koordinasi dalam gerakan olahraga. 3) kerusakan pada sel otot, yang dapat menyebabkan kenaikan kadar urea, dan 4) memperlambat oksidasi lemak (Janssen, 1989).

### **E. Eliminasi asam laktat**

Agar seorang atlet dapat melakukan aktivitas kembali dengan penampilan terbaiknya, maka kadar laktat yang ada harus diturunkan sampai batas kadar laktat yang tidak mengganggu aktivitas tubuh. Dalam penurunannya asam laktat membutuhkan persediaan oksigen yang mencukupi. Meningkatnya kadar laktat disebabkan karena kurangnya oksigen yang tersedia (Balson, 1994).

Eliminasi asam laktat dari darah terutama berlangsung pada periode *recovery* setelah melakukan aktivitas latihan berintensitas tinggi. Namun rumusan matematikanya belum diketahui secara pasti. Waktu paruh proses eliminasi laktat dari darah berkisar antara 10-15 menit. Eliminasi laktat darah pada orang yang terlatih lebih cepat daripada orang yang tidak terlatih (Soedarso, 2004).

### **METODE PENELITIAN**

Berdasarkan rumusan dan hipotesis penelitian, jenis dan rancangan penelitian ini termasuk penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan "*Thecross over pre test posttest group design*" (Zainuddin, 2000). Populasi dalam penelitian ini adalah Mahasiswa Jurusan Ilmu Keolahragaan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Surabaya, yang berjenis kelamin laki-laki, berusia 21- 23 tahun. Jumlah sampel dalam penelitian ini untuk dua kelompok adalah 9orang. Untuk mengetahui apakah penggunaan 9 sampel untuk masing masing kelompok sudah memenuhi syarat penelitian maka hasil penelitian di uji dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Higgins & Kleimbaun (1985). Pengelompokan terhadap subjek dilakukan dengan menggunakan teknik random sederhana, yaitu 18 orang sampel yang telah terpilih dari populasi dibagi menjadi 2 kelompok dengan undian. Dimana kelompok K1 untuk pemulihan aktif di air hangat sebanyak 9 orang dan kelompok K2 untuk pemulihan pasif di air hangat 9 orang. Dari hasil penelitian akan diolah dan dianalisa melalui bantuan program IBM SPSS statistik 20 dengan taraf signifikansi 5% Uji statistik yang digunakan adalah :1.Analisis deskriptif. 2. Uji normalitas. 3. Uji T- berpasangan. 4. Uji T-bebas.

## PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil variabel moderator berat badan (kilogram) tinggi badan (centimeter) dan kadar asam laktat mMol/l. Analisis statistik deskriptif digunakan untuk memenuhi persyaratan dari uji normalitas, uji T berpasangan dan uji T bebas

Tabel 1, rerata penurunan kadar asam laktat

Variabel Kadar Asam Laktat	n	Rerata+SD
Kadar Asam laktat Pre test (K1 dan K2)	9	9,36±1,82 mMol/L
Kadar Asam laktat K1 Post test 1 K1 Post test 2	9	3,75±1,04 mMol/L 2,70±0,88 mMol/L
K2 post test 1 K2 Post test 2	9	5,28±1,35 mMol/L 3,12±1,01 mMol/L

Dari pengukuran kadar asam laktat segera setelah pemulihan aktif 5 menit di air hangat mengalami penurunan dari 9,36 mMol/L menjadi 3,75mMol/L dan segera setelah pemulihan pasif mengalami penurunan dari 9,36 mMol/L menjadi 5,28 mMol/L. Kadar asam laktat 10 menit setelah pemulihan aktif di air hangat mengalami penurunan dari 3,75 mMol/l menjadi 2,70 mMol/l.10 menit setelah pemulihan pasif di air hangat mengalami penurunan dari 5,28 mMol/l menjadi 3,12 mMol/l.

## Hasil Uji normalitas

Variabel kadar asam laktat	N	Rerata+SD	P
Pre test	9	9,36±1,82	0,766
K1 : Post test1	9	3,75±1,04	0,957
K1 : Post test 2	9	2,70±0,89	0,291

Hasil uji *Shapiro-wilk* variabel kadar asam laktat pada kedua kelompok perlakuan berdistribusi normal ( $p > 0,05$ ). normalitas dengan menunjukkan bahwa laktat pada kedua

K2 : Post test1	9	5,29±1,35	0,290
K2 : Post test 2	9	3,12±1,02	0,182

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas

**Hasil Uji T Berpasangan (*paired t-test*)**

Tabel 2. Hasil uji T berpasangan

Kelompok		Rerata delta+SD	p
<b>Pemulihan Aktif</b>	Pre test – post Test 1	- 5,60±1,98	0,000
	Pre test – Post test 2	- 6,66±1,57	0,000
	Post test 1 – Post test 2	- 1,05±0,58	0,001
<b>Pemulihan Pasif</b>	Pre test – post test 1	- 4,07±1,01	0,000
	Pre test – Post tes 2	- 6,23±1,50	0,000
	post test 1 – Post test 2	- 2,16±1.08	0,000

Tabel Hasil uji T berpasangan memperlihatkan hasil nilai  $p < 0,05$  berarti hipotesis diterima



### Uji T *Independent*

Hasil uji T *independent* untuk membandingkan penurunan kadar asam laktat antara kelompok pemulihan aktif di air hangat dan kelompok pemulihan pasif di air hangat

Tabel 3. Hasil Uji T independent

Kelompok		Rerata Delta ± SD	p
Delta 1 aktif	Pre test – K1 post test1	-5,60±1,98	0,031
Delta 1 pasif	Pre test – K2 post test1	-4,07±1,01	
Delta 2 aktif	Pre test – K1 Post test2	-6,66±1,57	0,568
Delta 2 pasif	Pre test – K2 post test2	-6,23±1,50	
Delta 3 aktif	K1 post test1- K2 post test1	-1,05±0,58	0,015
Delta 3 pasif	K2 Post test1- K2 post test2	-2,16±1,08	

Uji T *independent* menggunakan taraf signifikasnsi ( $p < 0,05$ ), delta 1 aktif dan delta 1 pasif  $p = 0,031$ , delta 3 aktif dan delta 3 paasif  $p = 0,015$ . ( $p < 0,05$ ) Dengan demikian dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar asam laktat darah lebih besar pada pemulihan aktif di air hangat dibanding pemulihan pasif di air hangat.

### F. Kadar Asam Laktat Setelah Latihan

Pada penelitian ini manusia yang diberi perlakuan aktivitas fisik submaksimal dilihat dari akumulasi asam laktatnya manusia tersebut melakukan aktivitas yang berat tetapi dalam waktu yang singkat. Keadaan ini menyebabkan metabolisme yang terjadi adalah anaerob. Dalam keadaan anaerob terjadi pengurangan ATP dan akumulasi laktat sebagai produk sisa metabolisme pada otot. Hasil rerata kadar asam laktat 10 menit setelah latihan terdapat pada yaitu  $9,36 \pm 1,82$  mMol/L hal ini membuktikan ada peningkatan kadar asam laktat sebagai hasil metabolisme anaerobik setelah manusia melakukan aktifitas fisik dengan 85% *heart rate* maksimal akan menyebabkan pengumpulan asam laktat pada otot. Alasan mengukur asam laktat darah setelah pemulihan 10 menit setelah aktifitas fisik adalah bahwa puncak kadar asam laktat

terjadi 10 menit setelah latihan intensif (Gollnick, 1986). Peningkatan ini terjadi karena laktat terbentuk selama aktifitas fisik, baru berdifusi kedalam darah 10 menit setelahnya, dengan pemulihan 5 menit di air hangat menurunkan kadar asam laktat secara tajam (Guyton, 1996).

Dalam kondisi aktivitas yang sangat berat dari kebutuhan energi diperoleh dari metabolisme anaerob yaitu metabolisme glukosa yang tidak sempurna dengan hasil akhir berupa 2 ATP ditambah produk sisa berupa asam laktat. Produksi sisa yang berupa asam laktat, setelah mengalami disosiasi menjadi laktat dan  $H^+$  merupakan asam kuat. Peningkatan  $H^+$  sangat berpengaruh terhadap munculnya kelelahan otot skelet tersebut. Kelelahan otot skelet yang disebabkan oleh peningkatan  $H^+$  dibuktikan oleh Penelitian Wilmore (1994) yang mengatakan bahwa pada kelelahan otot manusia memperlihatkan hubungan yang sangat kuat antara penurunan kekuatan kontraksi otot sebanding dengan penurunan pH jaringan otot. Penelitian pada serat otot skelet menggambarkan dalam keadaan asidosis sel otot akan mengalami reduksi kekuatan isometrik dan kecepatan kontraksi otot hingga menimbulkan kelelahan.

#### **G. Kadar asam laktat setelah 5 menit pemulihan di air hangat**

Nilai rerata kadar asam laktat segera setelah pemulihan aktif 5 menit di air hangat untuk kelompok pemulihan aktif adalah  $3,75 \pm 1,04$  mMol/L sedangkan untuk kelompok pemulihan pasif adalah  $5,28 \pm 1,35$  mMol/L (Tabel 5.2).

Menurut Fox and Bowers (1998) latihan yang dilakukan dengan intensitas tinggi mendekati maksimal maka sistem energi yang dominan adalah sistem anaerobik. Hutang oksigen sebagai akibat dari aktivitas yang telah dilakukan akan terpenuhi sekitar 15 menit setelah melakukan aktifitas (Bompa, 1994). Selama kekurangan oksigen, seseorang harus melakukan pemulihan dengan istirahat aktif, pemulihan akan berjalan dengan cepat. Hal ini menyebabkan kekurangan oksigen didalam tubuh akan dipenuhi dengan cepat 3-5 menit awal setelah melakukan aktivitas, selanjutnya 15- 25 menit akan pulih 50% dan kondisi tubuh akan benar benar pulih secara normal setelah beristirahat lebih kurang 60-90 menit.

Penurunan asam laktat darah pada kelompok K1 (pemulihan aktif di air hangat) lebih tinggi daripada kelompok K2 (pemulihan pasif di air hangat) karena pada pemulihan aktif di air hangat terjadi vasodilatasi yang lebih besar sehingga suplai oksigen ke otot lurik juga lebih tinggi dan akan membawa hampir semua asam laktat dari otot terdifusi kedalam darah dan segera diikuti dengan siklus kori sehingga asam laktat dalam darah pada pemulihan selama 5 menit

setelah pemulihan aktif di air hangat atau 15 menit setelah aktivitas fisik submaksimal mencapai angka lebih rendah.

#### **H. Kadar asam laktat 10 menit setelah pemulihan**

Dari hasil penelitian ini, rerata kadar asam laktat 10 menit setelah pemulihan untuk kelompok pemulihan aktif adalah  $2,70 \pm 0,88$  mMol/L, untuk kelompok pemulihan pasif  $3,12 \pm 1,01$  mMol/L. Kondisi ini menunjukkan bahwa setelah diberi perlakuan pemulihan dengan bentuk pemulihan yang berbeda yaitu aktif dan pasif dari keadaan homogen berat badan dan tinggi badan serta beban latihan yang sama 85 % dari *heart rate* maksimal, kadar asam laktat pada kelompok pemulihan aktif di air hangat lebih rendah dibanding pada pemulihan pasif di air hangat. Kadar asam laktat kelompok pemulihan aktif di air hangat terjadi banyak penurunan ( $6,66 \pm 1,57$  mMol/L) sedangkan pada pemulihan pasif di air hangat mengalami sedikit penurunan ( $6,23 \pm 1,50$  mMol/L).

Dapat dipahami, bahwa latihan fisik akan melepaskan energi dalam bentuk panas. Bila temperatur tubuh meningkat maka laju metabolisme akan meningkat dengan kecepatan sebanding. Menurut (Ganong, 2005), yang menjadi sumber utama panas tubuh adalah otot skelet. Bahwa setelah latihan fisik laju metabolisme meningkat 5-20 kali lebih tinggi dari keadaan normal, untuk jangka waktu yang relatif singkat setelah pemulihan selama 5 menit pada suhu air hangat maka terjadi vasodilatasi.

#### **I. Penurunan kadar asam laktat darah pada pemulihan**

Nilai penurunan kadar asam laktat darah 5 menit setelah pemulihan pada kelompok pemulihan aktif di air hangat rerata 5,60 mMol/L sedangkan pada kelompok pemulihan pasif di air hangat rerata 4,07 mMol/L. Hasil analisis uji t berpasangan untuk penurunan kadar asam laktat pada kedua kelompok menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $p < 0,05$ ). Namun demikian penurunan tersebut belum cukup mengembalikan kadar asam laktat seperti keadaan normal sekitar 1-2 mMol/L (Jansen, 1987). Pada umumnya untuk menghilangkan 95 % dari tumpukan asam laktat diperlukan waktu lebih kurang 1 jam 15 menit setelah olahraga maksimal. Ada beberapa organ yang mampu mengoksidasi asam laktat, akan tetapi otot luriklah yang memegang peranan yang terbesar. Sebagian besar oksidasi asam laktat terjadi pada otot lurik yang kontraksinya lambat. Inilah alasan mengapa penurunan asam laktat lebih cepat pada pemulihan aktif bila dibandingkan dengan istirahat penuh (Fox, 1993). Untuk membersihkan kadar asam

laktat didalam tubuh lebih cepat dengan menggunakan aktifitas ringan daripada tanpa melakukan aktifitas apapun (Fox, 1993, Venom, 2007) Pada pemulihan aktif terjadi vasodilatasi, baik pada pembuluh arteri maupun pada pembuluh vena. Pada pembuluh arteri, dimana suplai oksigen ke otot meningkat sehingga tersedianya oksigen yang dibutuhkan dapat mengubah kondisi anaerob menjadi aerob, dengan demikian hutang oksigen dalam hal ini terpenuhi. Bila seseorang mulai menghirup oksigen dalam suatu periode metabolisme anaerobik, asam laktat dikonversikan kembali menjadi asam piruvat dan NADH ditambah H<sup>+</sup>, sebagian besar akan segera dioksidasi untuk membentuk sejumlah besar ATP. Sedangkan vasodilatasi pada pembuluh vena, akan mempermudah pembersihan laktat dari jaringan otot untuk diubah kembali menjadi asam piruvat yang terjadi di hati dengan bantuan laktat dehidrogenase.

Selama pemulihan di air hangat, tubuh menyuplai oksigen yang cukup sehingga dapat digunakan untuk proses metabolisme dalam otot bersama sama dengan asam piruvat melalui proses siklus kreb pada sejumlah transport elektron (Guyton&Hall, 1995). Dari siklus krebs dan sistem transport elektron akan diperoleh energi yang digunakan untuk meresintesa ATP yang telah digunakan selama latihan. Dengan demikian, sejumlah asam laktat terbentuk selama proses glikolisis anaerobik tidak hilang dari tubuh, sampai oksigen tersedia kembali asam laktat diubah menjadi ATP atau energi. Setelah cukup tersedia energi didalam otot, keadaan menjadi segar dan siap untuk melakukan latihan kembali, dan dengan pemulihan aktif dapat mempersingkat waktu pemulihan (Chris Hodgson, 2006).

## **KESIMPULAN**

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar asam laktat darah dengan pemulihan aktif di air hangat (suhu 35°C - 37°C) lebih besar dari pada pemulihan pasif di air hangat (suhu 35°C - 37°C).

## **DAFTAR PUSTAKA**

Afriwandi, 2007. Pengaruh Pemulihan Aktif dan Pasif Terhadap Lamanya Perubahan Kadar Laktat Darah. Fakultas Kedokteran Universitas Andalas.

Ahmaidi S, 1996. Effect Recovery on Plasma Lactate and Anaerobik Power Following Repeated Intensive Exercise, *Med Science Sport Exercise*, 2 (4) : 450-456.

- Astrand PO, Rodahl K, 1986. Text Book of Work Physiologi Basic of Exercise, USA:McGraw – Hill Book Company, pp224-276.
- Bompa TO, 1994. Teori and Metodology of Training: Kendall Hunt Publishing Company. Iowa. pp2-6.
- Brooks GA, Fahey TD, 1984. Exercise Physiologi of Human Biogenetics and Its Aplication. New York: John Willey and Sons, pp 701-705.
- Burke EJ, 1980. Toward and Understanding Of Human Performance, Second ed. New Yoprk. pp. 2-6.
- Chris Hodgson, 2006. Effect of Actife Recovery on Plasma Lactate Following Intensive Exercise, J of Science and Sport Medicine 5httpwww.jssm.org pp 97-105.
- Christoper R, Mitchell and Brenard H, 2002. Effect of body temperature during exercise on skeletal muscle cytochrome C oxidase content. J Appl Physiology 93pp: 526-530, 2002.
- Falk, 1995.diambilpada 13 februari 2008. Journal of Endocrinology. 4(3),1995dari<http://www.endotxt.org/thermoregulation/neuroendo.html>.
- Federer, W.T., 1995. Experimental Design ; Theory and Aplication, NewYork:Mac Millan
- Fox El, Bower RW, Foss ML 1993. The Physiological for Exercise and Sport, Iowa:WBC Brown and Benchmark, pp 13-37, 43-71 and 871-828
- Ganong WF, 2005. Review of Medical Physiological. 20th Ed. New York: Lange Medical Books/Mcgraw Hill Medical Publishing Division.
- Good Win ML, 2007. Blood Lactate Measure and Analysis during Exercise : A Guid for Clinician, J of Diabetes Science and Technology (4) Pp:558-569.
- Guyton A.C, & JohnE.H, 2007. Text Book of Medical Physiology, 11th edition Elsevier Saunders, Philadelphia, pennsylvania, pp 1063-1072,1129-1132, and 1139-1347.
- Hanafiyah A, (1995), Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi, Fakultas keperawatan universitas Sriwijaya.
- Higgins JE danKleimbaun AP, 1985. Design methodology for randomized clinical trials. USA : Family health International, pp 24-25
- Janssen PGJM, 1987. Training Lactate pulse-rate. Oulu Firland. Polar electroly Pub, 26, 51-53, and 57-58.
- Kent M, 1994. The Oxfort Dictionary of Sport Science and Medicine, New York :OxfortUnivercity Press, pp. 75-77,144-145, and 384,411.

- McArdle WD, Katch FI and VL, 1996. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. Lea & Febiger. Philadelphia, Pp:106-107, 171-181.
- Murray R K, et al. 2000. *Harper's Biochemistry* 25 ed. Appleton & Lange. America 2000 : 687-113.
- Myers, R.D, 1984. Neurochemistry of thermoregulation. *The Physiologist*, 27, (1), 41-46
- Patellongi I. 1999 Pengaruh Intensitas Latihan Fisik Terhadap Kerusakan Jaringan. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Patellongi I. 2000 Fisiologi Olahraga. Ed. I Makassar ; Universitas Hasanuddin Pp:1-6, 59-73.
- Pendergast DR,. 1988. The effect of body cooling oxygen transport during exercise, *Med Sci Sport Exercise*, Pp : 171-176
- Peni. 2008, Hydrotherapy di Klinik Dharma Daya Lestari Jakarta, [info@hydrotherapyklinik.com](mailto:info@hydrotherapyklinik.com) diambil pada tanggal 8 oktober 2008.
- Prasetyo Y. 2008. Pengaruh masaseteknik friction pada tungkai setelah latihan fisik maksimal terhadap kecepatan pemindahan laktat. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Rachmaniyah, 009. Pengaruh pemulihan aktif di air hangat setelah aktivitas fisik sesaat terhadap penurunan kadar asam laktat tikus putih (*rattus norvegicus*), Program Pasca Sarjana Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.
- Rushall BS and Pyke, 1980. *Training For Sport And Fitness*, 1<sup>st</sup> ed Melbourne: Macmillan Co Australia, Pp. 15-20, 60-65.
- Sherwood L, 2001, *Human Physiology : From Cell to system*, 2.Ed. international Thomson Publishing Inc.(10).
- Sudarso, 2004. Akumulasi Asam Laktat & Kelelahan Selama Berolahraga. *Jurnal IKOR* (1); 2:Pp: 70-78.
- Sukarman R, 1981. system energy predomnan pada olahraga. Jakarta : KONI, hal 3-8
- Westerblad H, Allen DG., and Lannergren J., 2000, Muscle Fatigue :lactid acid or inorganic phosphate the major cause. *New PhysiolSci* ,17-21.
- Wilmore JH, Costill DL, 1994 *Physiology of Sport And Exercise*. USA. 10th ed. US of America, Human Kinetics, 318-330.
- Zainuddin M, 2000. *Metodologi Penelitian Surabaya : Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya*.