

Perbandingan Pengaruh Latihan Daya Tahan Aerobik dengan Parameter Laktat dan Denyut Nadi

Iwan Budiman

Bagian Karya Tulis Ilmiah, Fakultas Kedokteran, Universitas Kristen Maranatha

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh latihan daya tahan aerobik yang memakai parameter metabolisme, yaitu laktat darah dan latihan aerobik yang memakai parameter kardiovaskuler, yaitu denyut nadi saja.

Naracoba terdiri dari 54 siswa SMU putera dengan rata-rata umur 18,1 tahun ($s = 0,94$) dan rata-rata berat badan 53,7 kg ($s = 6,09$). Pembagian naracoba menjadi 2 grup dilakukan secara acak.

Perlakuan diberikan secara acak, sehingga grup A dilatih dengan LLK (Lari Lambat Kontinu) yang memakai denyut nadi pada kadar laktat darah 3-4 mmol/l, sedangkan grup B dilatih dengan LLK yang memakai indikator denyut nadi 130-150 per menit.

Denyut nadi pada kadar laktat darah 3-4 mmol/l diperoleh dengan interpolasi pada kurva antara denyut nadi dengan kadar laktat darah.

Latihan dilakukan 4 kali dalam seminggu selama 8 minggu, setelah minggu ke 4 grup A diperiksa kembali denyut nadi pada kadar laktat darah 3-4 mmol/l untuk digunakan sebagai intensitas latihan 4 minggu berikutnya, sedangkan intensitas latihan kelompok B tetap memakai denyut nadi 130 – 150 per menit.

Data yang diukur sebelum dan setelah program latihan adalah kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik, waktu tempuh lari 5000 meter.

Data grup A setelah latihan adalah : rata-rata kapasitas aerobik 52.13 ml/kg berat badan/menit ($s = 2.889$); rata-rata denyut nadi pada ambang anaerobik 153.8 per menit ($s = 5.89$); rata-rata waktu tempuh lari 5000 meter 1498.45 detik ($s = 164.044$).

Data grup B setelah latihan adalah : rata-rata kapasitas aerobik 48,91 ml/kg berat badan/menit ($s = 2.705$); rata-rata denyut nadi pada ambang anaerobik 148.4 per menit ($s = 7.88$); rata-rata waktu tempuh lari 5000 meter 1635,38 detik ($s = 174,309$).

Hasil uji beda rata-rata kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik, waktu tempuh lari 5000 meter grup A dan grup B setelah latihan dengan uji "t" tidak berpasangan menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan latihan aerobik yang memakai parameter laktat lebih besar meningkatkan kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik, dan performansi lari 5000 meter daripada yang memakai parameter denyut nadi saja.

Direkomendasikan penggunaan parameter laktat sebagai indikator latihan yang bersifat aerobik maupun latihan yang bersifat anaerobik.

Kata Kunci : *Laktat, latihan daya tahan aerobik, denyut nadi, ambang anaerobik*

Pendahuluan

Latihan olahraga adalah suatu proses adaptasi fisik yang sistematis melalui peningkatan kapasitas fisiologis tubuh secara bertahap terhadap kerja otot. Latihan yang tepat dengan hasil maksimal harus berdasarkan pada sistem energi yang terlibat dalam aktivitas otot sesuai dengan jenis olahraganya¹.

Sistem energi pada otot ada tiga macam, yaitu sistem energi anaerobik alaktik, anaerobik laktik dan aerobik. Dalam olahraga ketiga macam sistem energi ini selalu terpakai bersama-sama pada saat dimulainya aktivitas, akan tetapi dalam proporsi yang berlainan^{1,2}.

Kontribusi ketiga sistem energi ini tergantung dari intensitas aktivitas; pada aktivitas maksimal yang dilakukan dalam waktu singkat sumber energi yang didapatkan terutama dari sistem energi anaerobik alaktik dan anaerobik laktik. Makin tinggi intensitas yang dilakukan dalam waktu yang makin singkat akan makin besar kontribusi sistem energi anaerobik^{2,3,4}. Aktivitas maksimal yang berlangsung 10 detik mengandung komponen aerobik sebesar 15 - 16,7 %^{5,6}.

Latihan dasar untuk seluruh jenis olahraga adalah latihan daya tahan aerobik. Untuk meningkatkan kapasitas aerobik terdapat berbagai jenis latihan, antara lain adalah LLK (Lari Lambat Kontinu = *Slow Continuous Running*), yaitu lari lambat terus menerus dengan intensitas rendah pada denyut nadi 130 - 150 per menit tanpa diselingi waktu istirahat. Latihan LLK diterapkan pada semua atlet pemula dikalangan olahraga atletik, terutama bagi para pelari untuk melatih daya tahan aerobik dasar⁷.

Latihan daya tahan aerobik akan menyebabkan adaptasi kardiovaskuler dan sistem respirasi, pada orang yang

bukan atlet, maka latihan aerobik akan menurunkan denyut jantung istirahat dan denyut jantung maksimal. Terjadi juga peningkatan isi sekuncup, curah jantung dan peningkatan perbedaan kadar oksigen di arteri dan vena. Selain itu terjadi penurunan tekanan darah sistolik dan diastolik, penurunan tahanan perifer dan peningkatan kapasitas vital paru^{3,4,5,6,8}.

Menurut Fox dkk (1988) intensitas pembebanan yang berdasarkan denyut nadi seperti diatas hanya mencerminkan tingkat pembebanan pada sistem jantung dan paru. Parameter denyut nadi ini kurang peka terhadap perubahan metabolisme tubuh akibat kerja, dan tidak mencerminkan keadaan bio-energetik otot yang sebenarnya³. Sampai saat ini para pelatih olahraga masih mempergunakan denyut nadi saja sebagai indikator pembebanan latihan.

Asam laktat (untuk selanjutnya disebut laktat) merupakan hasil metabolisme glikolisis anaerobik pada otot. Laktat yang dihasilkan didalam otot akan masuk kedalam peredaran darah dan menurunkan pH sel otot dan cairan tubuh. Kadar laktat dalam darah mencerminkan tingkat metabolisme anaerobik didalam otot dan pH cairan tubuh. Keasaman tubuh yang rendah akan menurunkan kerja enzim-enzim metabolisme, sehingga proses pembentukan energi dalam tubuh akan terhambat. Pembentukan energi yang terganggu akan menimbulkan rasa lelah, sehingga aktivitas menurun atau tidak dapat meneruskan aktivitas lagi⁸.

Kadar laktat dalam darah dapat dicerminkan oleh denyut nadi melalui kurva hubungan antara kadar laktat dalam darah dengan denyut nadi. Dengan cara interpolasi pada kurva akan diperoleh denyut nadi pada kadar laktat da-

rah tertentu yang dapat digunakan sebagai parameter untuk intensitas latihan ¹.

Dari kurva ini dapat ditentukan ambang anaerobik, yaitu pada kadar laktat 4 mmol/l ¹. Ambang anaerobik ini merupakan peralihan dari metabolisme yang predominan aerobik ke predominan anaerobic ⁹.

Laktat sebagai hasil metabolisme glikolisis anaerobik sel otot akan meningkat sesuai dengan intensitas aktivitas otot yang melibatkan sistem energi anaerobik laktik. Pada ambang anaerobik pembentukan dan eliminasi laktat dalam keadaan seimbang, sehingga tidak terjadi penimbunan laktat darah.

Pada ambang anaerobik metabolisme aerobik telah mencapai tingkat maksimal, sehingga aktivitas aerobik dengan intensitas tetap dapat dilakukan dalam waktu lama tanpa timbul perasaan lelah¹. Aktivitas diatas ambang anaerobik akan menyebabkan peningkatan kadar laktat yang sangat cepat yang akan menyebabkan perasaan lelah, sehingga aktivitas akan menurun atau berhenti sama sekali ¹⁰.

Latihan daya tahan aerobik pada ambang anaerobik akan memberikan hasil yang paling optimal^{1, 8}. Intensitas rangsangan pada ambang anaerobik merupakan rangsangan yang terbaik, karena pada ambang anaerobik ini sistem metabolisme aerobik telah maksimal, tetapi belum terjadi akumulasi laktat di dalam otot ¹.

Ambang anaerobik terjadi pada kadar laktat darah 4 mmol/l, ambang ini dapat untuk didiagnosis performansi; evaluasi kapasitas kerja fisik; daya tahan aerobik dan evaluasi efek latihan; sama baiknya untuk yang terlatih maupun yang tidak terlatih ^{1, 4, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18}.

Ambang anaerobik bagi yang tidak terlatih terjadi pada kapasitas aerobik sebesar 40 - 60 % ¹⁷. Ambang anaerobik

lebih berkaitan dengan status metabolisme otot termasuk enzim-enzimnya, sedangkan kapasitas aerobik lebih berkaitan dengan faktor-faktor kardiovaskuler terutama yang berhubungan dengan curah jantung ¹⁷.

Dengan pembebanan bertingkat akan diperoleh kurva laktat darah dan denyut nadi, denyut nadi hasil interpolasi kurva pada kadar laktat darah tertentu dapat dipakai sebagai parameter untuk menentukan intensitas latihan dengan lebih tepat ^{1, 9, 19}.

Ambang anaerobik pada kadar laktat 4 mmol/l merupakan indikator yang baik untuk yang terlatih maupun yang tidak terlatih ⁹. Pada ambang anaerobik denyut nadi bagi yang tidak terlatih sekitar 130 per menit, sedangkan untuk yang terlatih dapat mencapai 180 per menit ¹.

Beban kerja tertinggi tanpa akumulasi laktat adalah intensitas kerja yang sebanding dengan kadar laktat darah 4 mmol/l ¹³. Beban latihan daya tahan aerobik yang optimal adalah denyut nadi pada kadar laktat darah 4 mmol/l, karena pada keadaan ini metabolisme oksidatif di otot telah terangsang maksimal dengan hanya sedikit merangsang metabolisme anaerobik yang menghasilkan laktat ¹⁸. Dengan intensitas yang lebih tepat, yaitu denyut nadi pada kadar laktat darah sampai 4 mmol/l, maka dengan latihan yang lebih sedikit dapat dicapai hasil yang sama ¹.

Latihan daya tahan aerobik pada ambang anaerobik akan memberikan hasil yang paling optimal^{1,8}. Intensitas rangsangan pada ambang anaerobik merupakan rangsangan yang terbaik, karena pada ambang anaerobik sistem metabolisme aerobik telah maksimal, tetapi belum terjadi akumulasi laktat di dalam otot ¹.

Latihan dengan intensitas pada kadar laktat darah 3 - 4 mmol/l berko-relasi tinggi performansi daya tahan aerobik. Latihan ini juga merupakan intensitas latihan yang paling sensitif serta paling baik untuk meningkatkan kapasitas aerobik dan daya tahan aerobik dasar^{4, 19, 20, 21, 22, 23, 24}.

Bahan dan Cara

Bahan Penelitian : subjek penelitian adalah 54 siswa SMA yang berumur antara : 18 - 21 tahun

Variabel Perlakuan dalam penelitian ini adalah:

1. Latihan LLK yang memakai indikator denyut nadi pada kadar laktat darah 3-4 mmol/l.
2. Latihan LLK yang memakai indikator denyut nadi 130-150 per menit.

Variabel Respons pada penelitian ini adalah:

1. Kapasitas Aerobik dalam satuan milliliter Oksigen per kilogram berat badan per menit.
2. Denyut nadi pada ambang aerobik adalah denyut nadi yang didapatkan pada kadar laktat darah 3-4 mmol/l.
3. Waktu tempuh lari 5000 meter dalam satuan detik.

Protokol latihan LLK yang memakai indikator denyut nadi pada kadar laktat darah 3 - 4 mmol/l :

1. Pemanasan dan peregangan selama 10 menit.
2. Lari dengan indikator denyut nadi pada kadar laktat darah 3 - 4 mmol/l selama 20 menit.
3. Setiap minggu lama waktu latihan ditambah 5 menit sampai maksimal 45 menit.
4. Pendinginan dan peregangan selama 10 menit.
5. Latihan ini dilakukan selama 8 minggu.
6. Pada minggu ke 4 diperiksa lagi denyut nadi pada kadar laktat darah 3 - 4 mmol/l
7. Latihan selanjutnya memakai indikator denyut nadi yang baru didapatkan ini.

Protokol latihan LLK yang memakai indikator denyut nadi 130 - 150 per menit :

1. Pemanasan dan peregangan selama 10 menit.
2. Lari dengan indikator denyut nadi 130 - 150 per menit selama 20 menit.
3. Setiap minggu lama waktu latihan ditambah 5 menit sampai maksimal 45 menit.
4. Pendinginan dan peregangan selama 10 menit.
5. Latihan ini dilakukan selama 8 minggu.

Hasil dan Pembahasan

Tabel Rata-Rata dan Simpangan Baku untuk Kapasitas Aerobik, Denyut Nadi Pada Ambang Anaerobik dan Waktu Tempuh Lari 5000 Meter Grup A dan B Sebelum dan Sesudah Latihan

Variabel	Grup A		Grup B	
	Tes Awal	Tes Akhir	Tes Awal	Tes Akhir
VO2	X= 42,59 ^a s = 2,869	X= 52,13 ^b s = 2,889	X= 42,63 ^a s= 2,935	X= 48,91 ^c s= 2,705
Nadi 4	X= 140,9 ^a s = 7,35	X= 153,8 ^b s= 5,89	X= 140,3 ^a s = 8,44	X= 148,4 ^c s = 7,88
5000 m	X= 1790,75 ^a s = 281,425	X= 1498,45 ^b s = 164,044	X= 1784,25 ^a s = 241,557	X= 1635,38 ^c s= 174,309

Keterangan :

- Grup A = Latihan LLK dengan indikator denyut nadi pada kadar laktat darah 3-4 mmol/l (denyut nadi pada ambang anaerobik).
- Grup B = Latihan LLK dengan indikator denyut nadi 130-150 per menit.
- X = Nilai rata-rata
- s = Simpangan baku
- VO₂ = Kapasitas aerobik (ml/kg BB/menit)
- Nadi 4 = Denyut nadi pada ambang anaerobi (denyut/menit)
- 5000 m = Waktu tempuh lari 5000 m (detik)
- Huruf yang tidak sama dalam satu baris menunjukkan perbedaan nyata dengan uji t ($p < 0,05$). Huruf yang sama dalam satu baris menunjukkan perbedaan tidak nyata dengan uji t ($p > 0,05$).

Dari data tersebut di atas dapat dilihat bahwa pada tes awal tidak ada perbedaan dalam hal kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik dan waktu tempuh lari 5000 meter antara grup A yang dilatih LLK dengan indikator denyut nadi pada kadar laktat darah 3 - 4 mmol/l dan grup B yang dilatih LLK dengan indikator denyut nadi 130 - 150 per menit. Setelah latihan selama 8 minggu pada tes akhir didapatkan perbedaan yang nyata dalam hal kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik dan waktu tempuh lari 5000 meter antara grup A dan grup B, jadi disini kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik grup A setelah latihan lebih tinggi daripada grup B sedangkan waktu tempuh lari 5000 meter grup A lebih pendek daripada grup B.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Kapasitas aerobik, denyut nadi pada ambang anaerobik, dan performansi lari 5000 meter setelah latihan LLK yang memakai indikator kadar laktat darah 3-4 mmol/l meningkat lebih besar daripada setelah latihan LLK

yang memakai indikator denyut nadi 130 - 150 per menit.

2. Parameter latihan yang paling baik sampai saat ini adalah parameter laktat darah yang memberikan intensitas latihan yang lebih tepat.

Saran

1. Penggunaan parameter laktat darah bersama denyut nadi sebagai indikator latihan, baik latihan yang bersifat aerobik maupun latihan yang bersifat anaerobik.
2. Untuk daya tahan aerobik dasar penggunaan parameter laktat darah 3-4 mmol/l sangat baik, karena menghasilkan peningkatan daya tahan aerobik yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat.
3. Perlu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan parameter laktat sebagai indikator latihan untuk setiap cabang olahraga yang komponen aerobik dan anaerobiknya sangat bervariasi.

Daftar Pustaka

1. **Janssen, P.** Training, Lactate, Pulse Rate, Polar Electro Oy. 1989.
2. **Maglischo, E.W** Swimming Even Faster, Mayfield Publishing Company. 1993.
3. **Fox, EL, RW Bower and ML Foss.** The Physiological Basis of Physical Educati-

- on and Athletics. 4th ED WB Saunders College Publishing. 1988.
4. **Lamb, DL.** *Physiology of Exercise*, 2nd Ed. Macmillan Publishing Company. 1984
 5. **Astrand, P.O., and K. Rodahl.** *Textbook Of Work Physiology*, 3rd ed McGraw Hill Book Company, New York. 1986.
 6. **McArdle, WD, FI Katch and VL Katch.** *Exercise Physiology*, 3rd ED Lea and Febiger, Philadelphia. 1991.
 7. **Humphreys, J., And R. Holman.** 1985. *Focus On Middle Distance Running*, Adam And Charles Black, London.. 35, 71, 82.
 8. **Brooks, G.A. And T.D. Fahey.** *Exercise Physiology*. 1st ed McMillan Publishing Company, New Yorks. 1985
 9. **Mattner, U.** *Lactate In Sports Medicine*. Boehringer Mannheim GmbH, The Diagnostics Division. 1988
 10. **Wasserman, K., J. E. Hansen., D. Y. Sue, And B. J. Whipp.** *Principles Of Exercise Testing And Interpretation*. Lea And Febiger. Philadelphia. 1987
 11. **Neumann, G., And D. Gohlitz.** Use Of The Accusport Analyzer For Meeting Training Ranges. *In Workshop Report Accusport*. 1994
 12. **Heck, H., A. Mader, R. Muler, and W. Hollmann.** Justification Of The 4-mmol/l Lactate Threshold, *Int. J. Sports Med*. 1985. 6: 117-130.
 13. **Hollmann, W., H. Heck, And A. Mader.** Assesment Of Different Forms Of Physical Activity With Respect To Preventive And Rehabilitative Cardiology, *Int. J. Sports Med*. 1981. 67-80.
 14. **Mader, A., And H. Heck.** A Theory Of The Metabolic Origin Of "Anaerobik Threshold", *Int. J. Sports. Med*. 1986. 7: 45-65.
 15. **Olbrecht, J., O. Madsen, A. Mader, H. Liesen, And W. Hollmann.** Relationship Between Swimming Velocity And Lactic Concentration During Continuous And Intermitten Training Exercises. *Int. J. Sport Med*. 1985 8: 74-77.
 16. **Sjodin, B. And I. Jacops.** Onset Of Blood Lactate Accumulation And Mara-thon Running Performance. *Int. J. Sports Med*. 1981. 2: 23-26.
 17. **Hagberg, J.M.** Physiological Implications Of The Lactate Treshold, *Int. J. Sports Med*. 1984. 5: 106-109.
 18. **Kindermann, W., G. Simon, And J. Keul.** The Significance Of The Aerobik-Anaerobik Transition For The Determination Of Work Load Intensities During Endurance Training, *European J. Appl. Physiology*. 1979.. 42: 25-34.
 19. **Van Dam, B.** Lactate Diagnostics With The Mini 8. 1991. 6-8.
 20. **Schwarz, L.** Regulation Of Training In Health Oriented Sport. 21-23. *In Workshop Report Accusport*. 1994
 21. **Hartmann, U., and A. Mader.** Importance Of The Lactate parameter For Performance Diagnosis And For The Regulation Of Training In Top Competition Athletics And In Recreational Sports, 14-20. *In Workshop Report Accusport*. 1994.
 22. **Neumann, G., And D. Gohlitz.** Use Of The Accusport Analyzer For Meeting Training Ranges, 46-51. *In Workshop Report Accusport*. 1994.
 23. **Zerbes, H and K Fabian.** The Accusport System for Training Guidance in Sprinting. 44-45. *In Workshop Report Accusport*. 1994.
 24. **Francaux, M., P. Jacqmin, And X. Sturbois.** Effect Of Training On Lactate Clearance. 52-56. *in Workshop Report Accusport*. 1994.

