

**KAPASITAS AEROBIK DAN ANAEROBIK
PADA ANAK LAKI-LAKI DAN PEREMPUAN USIA DINI
DITINJAU DARI KETINGGIAN WILAYAH TEMPAT TINGGAL
DI PROPINSI JAWA TIMUR**

TESIS

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat
Magister Program Studi Ilmu Keolahragaan*

Oleh :

ABDUL AZIZ HAKIM
A 120906001



**PROGRAM STUDI ILMU KEOLAHRAGAAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2008**

ABSTRAK

ABDUL AZIZ HAKIM. A.120906001. *Kapasitas Aerobik Dan Anaerobik Pada Anak Laki-Laki dan Perempuan Usia Dini Ditinjau Dari Ketinggian Wilayah Tempat Tinggal Di Propinsi Jawa Timur*. Tesis. Surakarta. Program Pascasarjana UNS, Agustus 2008.

Tujuan penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui perbedaan kapasitas aerobik dan aerobik antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah, (2) untuk mengetahui perbedaan kapasitas aerobik dan aerobik antara anak laki-laki, dengan anak perempuan, (3) serta untuk mengetahui pengaruh interaksi antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas aerobik dan anaerobik.

Penelitian dilaksanakan dengan metode *ex post facto* dengan desain faktorial 2x2 untuk masing-masing data kapasitas aerob dan anaerob. Populasi yang digunakan adalah Kecamatan Bumiaji untuk dataran tinggi, dan Kecamatan Panceng untuk dataran rendah. Sampel yang diambil untuk penelitian sebanyak 120 siswa. Yang terdiri dari dataran rendah 60 siswa (30 perempuan dan 30 laki-laki), sedangkan dataran tinggi juga 60 siswa (30 perempuan dan 30 laki-laki). Data kapasitas aerobik diperoleh dari tes Multi Stage Fitness Test (MFST/Beep Test), sedangkan data kapasitas anaerobik diperoleh dari test 50 yard. Untuk data usia, diperoleh dari sekolah dan sesuai dengan akta kelahiran siswa. Selain itu juga dilakukan pengambilan data tinggi badan, berat badan, dan persentase lemak tubuh yang didapat dari 2 tempat lipatan kulit yaitu triceps dan betis. Teknik analisis data kapasitas aerobik dan anaerobik dengan menggunakan analisis varians ANAVA 2 x 2 dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan hasil analisis data kapasitas aerobik menunjukkan bahwa : 1) Ada perbedaan yang signifikan antara kapasitas aerobik pada anak dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah, $F_{hitung} = 6.056 > F_{tabel} = 3.94$. 2) Ada perbedaan kapasitas aerobik yang signifikan antara anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki dengan jenis kelamin perempuan, $F_{hitung} = 46.524 > F_{tabel} = 3.94$. 3) Tidak terdapat interaksi yang signifikan antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap hasil kapasitas aerobik, $F_{hitung} = 1.792 < F_{tabel} = 3.94$. Sedangkan hasil analisis data kapasitas anaerobik menemukan bahwa: 1) Ada perbedaan yang signifikan antara kapasitas anaerobik pada anak dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah, $F_{hitung} = 6.005 > F_{tabel} = 3.94$. 2) Ada perbedaan kapasitas anaerobik yang signifikan antara anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki dengan jenis kelamin perempuan, $F_{hitung} = 82.199 > F_{tabel} = 3.94$. 3) Terdapat interaksi yang signifikan antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap hasil kapasitas anaerobik, $F_{hitung} = 6.848 > F_{tabel} = 3.94$. Diketahui juga bahwa kelompok anak dataran tinggi rata-rata lebih pendek dan lebih ringan berat badannya daripada anak-anak dataran rendah, demikian juga dengan persentase lemak tubuhnya. Implikasinya: pelaksanaan pemanduan bakat atlet untuk cabang olahraga

yang memerlukan kapasitas aerob dan anaerob bagus tetapi tidak terlalu membutuhkan postur yang tinggi, sebaiknya banyak dilakukan pada penduduk di wilayah dataran tinggi, karena potensi kapasitas fisiknya lebih baik dibandingkan dengan yang di dataran rendah.

Kata-kata kunci : Kapasitas Arobik, Kapasitas Anaerobik, Ketinggian Wilayah dan Jenis Kelamin



ABSTRACT

ABDUL AZIZ HAKIM. A.120906001. *Aerobic and anaerobic capacity of the prepubertal boys and girls of native highlander and lowlander at The Province of Jawa Timur*. Thesis. Surakarta. Postgraduate Program of The Sebelas Masret University of Surakarta, Augusts 2008.

The purpose of this study was to (1) The difference of aerobic and anaerobic capacity of prepubertal children between native highlander with lowlander. (2) The difference of aerobic and anaerobic capacity in prepubertal boys and girls. (3) The interaction between altitude and gender in influencing aerobic and anaerobic capacity.

This research was used *ex post facto* method with 2x2 factorial design for every aerobic and aerobic data. The population of this research is highlander of kecamatan Bumiaji, and lowlander of Kecamatan Panceng. As the sample is 120 prepubertal children who consist of 60 prepubertal highlander (30 boys and 30 girls), and 60 prepubertal lowlander (30 boys and 30 girls). Aerobic capacity was measured by Multi Stage Fitness Test (MFST/Beep Test), whereas anaerobic capacity was measured by 50 yard dash. Chronological age of the sample was prepared by teacher in every School. Height, weight and body fat percentage from two side skinfold measurement (triceps and calf) was measured by standard anthropometer and skinfold calipers. ANAVA 2x2 variant analysis with sigificance level $\alpha = 0,05$ is used to analayze.

The result of aerobic and anaerobic capacity data analysis is : 1) There is significance difference of aerobic capacity between prepubertal children of native highlander with lowlander, $F_{\text{count}} = 6.056 > F_{\text{table}} = 3.94$. 2) There is significance difference of aerobic capacity between prepubertal boys with girls., $F_{\text{count}} = 46.524 > F_{\text{table}} = 3.94$. 3) There is no significance interaction of altitude and gender in influencing aerobic capacity., $F_{\text{count}} = 1.792 < F_{\text{table}} = 3.94$. And then, from result of analysis of the anaerobic capcity data has been found that: 1) There is significance difference of anaerobic capacity between prepubertal children of native highlander with lowlander, $F_{\text{count}} = 6.005 > F_{\text{table}} = 3.94$. 2) There is significance difference of anerobic capacity between prepubertal boys with girls, $F_{\text{count}} = 82.199 > F_{\text{table}} = 3.94$. 3) There is significance interaction of altitude and gender in influencing anaerobic capacity, $F_{\text{count}} = 6.848 > F_{\text{table}} = 3.94$. Also, has been found that native highlander children has lower stature than lowlander, also in weight and percent body fat, they are lighter and smaller than lowlander. Implications: Based on this finding, it's very suggested to do talent identification with give priority to native highlander than lowlander, especially for sports were aerobic and anaerobic capacity are dominand needed, but posture are not too important.

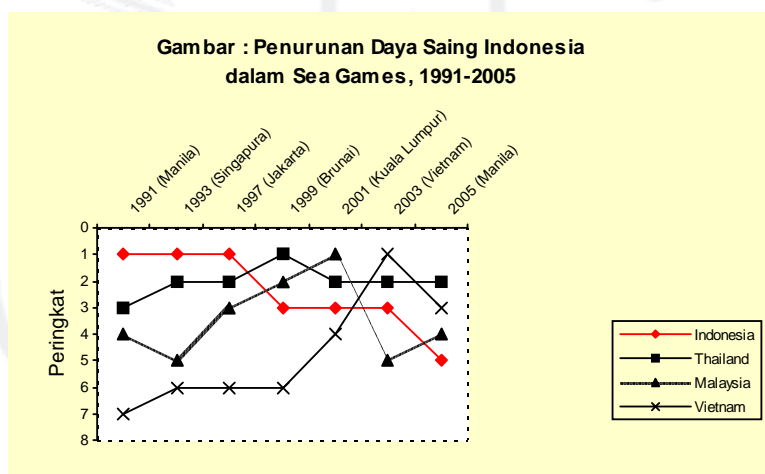
Key Words : *Aerobic capacity, Anaerobic capacity, Altitude dan Gender.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jika salah satu tolak ukur keberhasilan pembinaan olahraga prestasi nasional adalah peringkat Indonesia di even Sea Games, prestasi olahraga nasional dari tahun ketahun tampak semakin menurun. Terutama jika diperhatikan dari peringkat Indonesia sejak Sea Games 1997 hingga Sea Games 2005 (Tim Kemenegpora, 2006). Grafik penurunan prestasi tersebut dapat dilihat dalam gambar 1 berikut.



Gambar 1. Trend Prestasi Olahraga Nasional di Tingkat Asia Tenggara (Tim Kemenegpora, 2006)

Menurut Presiden Soesilo Bambang Yudoyono (2006), untuk mengatasi kemunduran prestasi olahraga nasional ini perlu dilakukan pemetaan tentang macam-macam cabang olahraga yang bisa dibina untuk kemudian bisa dijadikan andalan Indonesia. Sedangkan Adhyaksa Dault (2006) mengatakan tentang perlunya mensinergikan antara olahraga prestasi, olahraga rekreasi dan olahraga pendidikan,

karena pada saat ini masyarakat terlihat hanya peduli terhadap prestasi saja, sambil mengesampingkan olahraga pendidikan dan rekreasi. Padahal mustahil juara muncul secara tiba-tiba, atlet-atlet berbakat tersebut muncul melalui pembinaan secara intensif dalam jangka waktu tertentu. Keintegrasian pembinaan olahraga nasional merupakan suatu sistem, sehingga olahraga prestasi, olahraga pendidikan, dan olahraga rekreasi merupakan bagian dari sistem pembinaan yang tidak bisa di jalankan secara sendiri-sendiri.

Pendidikan jasmani merupakan fondasi dari perkembangan dan pembinaan olahraga nasional. Untuk itu, baik dan tidaknya pengelolaan dan pelaksanaan pendidikan jasmani di Sekolah sangat menentukan prestasi olahraga yang akan dicapai oleh suatu negara. Sebagai langkah konkrit untuk membenahi sistem pembinaan olahraga nasional adalah dengan memperbaiki pendidikan dengan cara menata kondisi minimal di sekolah-sekolah. Sehingga, pendidikan jasmani dan olah raga di tempat itu dapat berjalan. Perbaiki pendidikan, khususnya sekolah-sekolah lebih banyak pada penataan infrastruktur dan ketenagaan. Artinya, dalam konteks pendidikan jasmani, harus disiapkan guru pendidikan jasmani yang berkompeten agar kegiatan pelajaran pendidikan jasmani tak lagi menjadi mata pelajaran yang gersang. Pendidikan jasmani harus muncul sebagai proses pendidikan yang bersama-sama mata pelajaran lainnya dapat mengantarkan anak untuk menjadi peserta didik yang cerdas, terampil, dan sehat, seperti juga kecerdasan emosi, kecakapan sosialnya, di samping lebih peduli dengan soal lingkungan hidup (Lutan, 2002).

Berkaitan dengan pembinaan olahraga melalui pelaksanaan pendidikan jasmani di sekolah-sekolah, pola pembinaan usia dini yang dimasukkan dalam program

Indonesia Bangkit (IB) merupakan program yang tidak bisa dipisahkan dari pembinaan olahraga melalui pendidikan jasmani. Ini disebabkan karena, secara umum anak usia dini merupakan anak yang sedang dalam masa sekolah baik SD, atau SMP. Namun demikian salah satu hal yang menjadi dasar dari keberhasilan dalam pembinaan usia dini adalah proses penyaringan anak usia sekolah sebagai calon bibit atlet (*talent identification*), untuk dibina sebagai bibit atlet dalam konteks pembinaan olahraga usia dini.

Sebenarnya, keberhasilan seorang bibit atlet dalam mencapai prestasi tidak hanya dipengaruhi oleh pembinaan dan pelatihan saja, namun faktor-faktor bawaan yang dimiliki seseorang sejak lahir juga mempengaruhi (Foss, 1998). Kemampuan biologis dan fisiologis merupakan faktor bawaan yang jelas berbeda tiap individu (Singer, 1980), perbedaan itu terjadi pada jumlah dan komposisi otot skelet, karakter fisik (tinggi dan berat), dan kemampuan-kemampuan fisiologis tubuh. Dengan demikian, jika seorang yang memiliki faktor bawaan baik biologis maupun fisiologis yang lebih baik, akan lebih memiliki kecenderungan menjadi seorang atlet dengan kemampuan dan prestasi yang baik jika mendapatkan pembinaan melalui pelatihan yang baik dan ilmiah.

Walaupun seorang telah memiliki kemampuan fisiologis bawaan dengan ukuran normal, tetapi kemampuan fisiologis tersebut bisa berubah menjadi superior pada fungsi tubuh tertentu sebagai akibat adaptasi dari lingkungan tempat tinggal seperti temperatur, iklim, dan ketinggian (Espenschade dan Eckert, 1980:17, 101; Gallahue, D.L., dan Ozmun, J.C., 1998 : 204-205). Salah satu keadaan lingkungan tempat tinggal yang memungkinkan adaptasi fisiologis adalah ketinggian di atas permukaan laut. Ini

disebabkan oleh pengaruh ketinggian terhadap tekanan parsial oksigen. Tekanan parsial oksigen yang rendah menyebabkan persen oksigen per volume udara menjadi lebih kecil, namun ini tidak mempengaruhi persentase oksigen di udara (Guyton dan Hall, 1999; Fox dan Bowers, 1988; Foss, 1998). Keadaan yang seperti ini akan berpengaruh pada proses difusi oksigen di udara ke alveolus. Karena pada daerah yang tinggi tekanan parsial oksigen di udara semakin rendah dan tekanan parsial oksigen di alveolus tetap sebagaimana di tempat dengan ketinggian yang hampir sama dengan permukaan laut, proses difusi akan menjadi semakin lambat karena perbedaan tekanan yang semakin kecil. Untuk mengatasi kondisi tersebut, tubuh akan melakukan aklimatisasi (Buskirk, 1978:206). Pada orang dilahirkan di daerah dengan ketinggian tertentu, proses adaptasi terjadi sejak lahir. Salah satu bentuk adaptasi tersebut adalah kapasitas paru yang lebih besar dibandingkan orang yang lahir di dataran yang ketinggiannya kurang lebih sama dengan permukaan laut (Haywood, 1986:68-69). Begitu juga Guyton dan Hall, 1996, berpendapat bahwa tubuh orang yang dilahirkan dan tinggal di tempat dengan ketinggian tertentu akan lebih mampu beradaptasi terhadap keadaan lingkungan yaitu tekanan oksigen di udara, walaupun dibandingkan dengan orang yang dilahirkan dan hidup di dataran rendah dengan kemampuan aklimatisasi terbaik sekalipun.

Beberapa penelitian tentang pengaruh ketinggian terhadap kinerja atlet pada saat bertanding atau berlomba pada daerah ketinggian tertentu, telah banyak dilakukan. Misalnya penelitian oleh Gundersen, J.S., Chapman, R.F., And Levine, B.D. (2001) hasil penelitiannya yang dilakukan pada 24 pelari laki-laki dan 8 pelari perempuan yang semuanya merupakan atlet elit Amerika Serikat, mendapatkan bahwa dengan

berlatih di suatu dataran tinggi (1250 m dpl) dalam waktu 4 minggu dapat meningkatkan kemampuan berlari 3000m sebesar 1,1% dan meningkatkan ($\dot{V}O_2 Max$) sebesar 3%. Demikian juga Saunders, dkk (2003), menemukan bahwa dengan tinggal dan latihan di dataran tinggi selama 20 hari dapat meningkatkan *running economi* (RE) pada pelari jarak jauh, ini disebabkan oleh efektifitas penggunaan oksigen (O_2) oleh otot yang semakin meningkat.

Walaupun demikian penelitian tentang kemampuan tubuh orang yang dilahirkan dan tinggal di ketinggian tertentu belum terpublikasi secara baik,. Kemampuan tersebut khususnya yang berkaitan dengan kemampuan tubuh dalam mengambil, mengedarkan, dan menggunakan oksigen, demikian juga dengan kapasitas anaerobnya. Untuk menjawab kondisi tersebut di atas, perlu mendapatkan sebuah kepastian yang diperoleh melalui penelitian ilmiah. Sehingga fakta ilmiah baru tentang pengaruh ketinggian terhadap fisiologis tubuh manusia diperoleh dan menjadi manfaat untuk pengembangan olahraga kedepan khususnya bagi pelaksanaan pemanduan bakat. Selain itu, untuk mendukung juga hasil temuan pada suatu penelitian sebagaimana dimaksud di atas, maka perlu kiranya juga ditunjang oleh data anthropometrik dari subjek penelitian. Untuk itu, data anthropometrik yang juga akan diambil adalah ukuran tinggi badan, berat badan, dan persentase lemak tubuh.

Berdasarkan latar belakang di atas maka akan dilakukan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui "pengaruh ketinggian terhadap kapasitas aerobik dan anaerobik yang dimiliki anak-anak yang dilahirkan dan tinggal lingkungan tempat tinggal yang cukup tinggi dari permukaan laut". Serta, kemudian dibandingkan dengan

kapasitas yang dimiliki anak yang dilahirkan dan bertempat tinggal di dataran rendah, berikut deskripsi tinggi badan, berat badan, dan persentase lemak tubuhnya.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

a. Analisis kapasitas aerobik

1. Apakah ada perbedaan kapasitas aerobik antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah?
2. Apakah ada perbedaan kapasitas aerobik antara anak laki-laki dengan anak perempuan?
3. Adakah pengaruh interaksi antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas aerobik?

b. Analisis kapasitas anaerobik

1. Apakah ada perbedaan kapasitas anaerobik antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah?
2. Apakah ada perbedaan kapasitas anaerobik antara anak laki-laki dengan anak perempuan?

3. Adakah pengaruh interaksi antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas anaerobik?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian adalah untuk mengetahui :

a. Hasil analisis kapasitas aerobik

1. Ada atau tidaknya perbedaan kapasitas aerobik antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah.
2. Ada atau tidaknya perbedaan kapasitas aerobik antara anak laki-laki, dengan anak perempuan.
3. Ada atau tidaknya pengaruh interaksi antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas aerobik.

b. Hasil analisis kapasitas anaerobik

1. Ada atau tidaknya perbedaan kapasitas anaerobik antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah.
2. Ada atau tidaknya perbedaan kapasitas anaerobik antara anak laki-laki dengan anak perempuan.
3. Ada atau tidaknya pengaruh interaksi antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas anaerobik.

D. Asumsi

Guna memperjelas permasalahan dan pelaksanaan dalam penelitian ini, maka orang cobanya diasumsikan memiliki keadaan baik fisik maupun ekonomi yang relatif homogen, dengan kriteria sebagai berikut :

1. Anak usia dini adalah anak berusia 10 tahun untuk laki-laki dan wanita serta merupakan salah satu siswa pada salah satu sekolah di daerah tempat tinggalnya. Pemilihan ini, di dasarkan pada teori bahwa pada umur tersebut antara anak laki-laki dan wanita memiliki karakteristik perkembangan fisiologis yang relatif sama (Haywood, 1986:203-238).
2. Subjek adalah anak yang dilahirkan dan tinggal di tempat penelitian hingga penelitian berlangsung.
3. Selama tes, keadaan kesehatan siswa (subjek) harus dalam kondisi sehat
4. Subjek tidak pernah atau sedang melaksanakan program latihan fisik untuk cabang olahraga tertentu (*untrained boys and girls*)

E. Manfaat Hasil Penelitian

Pentingnya masalah untuk diteliti tersebut sangat terkait dengan manfaat yang akan didapatkan dari hasil penelitian ini. Adapun hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai berikut :

1. Sebagai bukti ilmiah baru tentang kapasitas aerobik dan anaerobik anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi maupun anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah.
2. Sebagai salah satu pedoman ketika akan melakukan pemanduan bakat yang menggunakan pendekatan berdasarkan kemampuan fisik dalam bekerja secara aerobik dan anaerobik.

3. Sebagai upaya mempermudah pengambilan kebijakan dalam rangka pengembangan olahraga prestasi sesuai potensi daerah.
4. Sebagai salah satu bukti empiris tentang pengaruh tekanan parsial oksigen di lingkungan (atmosfer) terhadap kapasitas kerja aerobik dan anaerobik yang merupakan hasil adaptasi sejak lahir.
5. Sebagai salah satu penelitian awal dalam upaya menyusun model pemanduan bakat (*talent identification*) untuk olahraga prestasi.
6. Untuk meningkatkan kuantitas dari penelitian perkembangan manusia dengan latar belakang populasi orang Indonesia, khususnya penelitian yang berkaitan dengan usaha-usaha pengembangan olahraga.

BAB II

KAJIAN TEORI DAN HIPOTESIS

A. Kajian Teori

Dalam upaya penyediaan energi, di dalam tubuh manusia terdapat dua sistem metabolisme sangat mendukung dan diperlukan sekali oleh atlet ketika berolahraga, sehingga kemampuan atlet dalam menampilkan gerak-gerakan teknik dalam suatu cabang olahraga lebih maksimal. Walaupun tidak ada atlet yang unggul dalam kemampuan kerja menggunakan kedua sistem penyediaan energi tersebut. Tetapi beberapa atlet banyak memiliki tingkat ke superioran disalah satunya, sehingga kesesuaian antara kemampuan atlet dalam menyediakan energi melalui metabolisme

aerobik maupun anaerobik dengan jenis olahraga aerobik maupun olahraga anaerobik, akan sangat membantu dan mendukung sekali dalam pencapaian prestasi yang optimal. Dengan demikian, setiap orang atau atlet cenderung memiliki kapasitas kerja dengan setiap sistem penyediaan energi baik secara aerobik maupun anaerobik yang berbeda-beda (Pate, R.R., McClenaghan, B., & Rotella, R., 1984). Dua sistem kapasitas penyediaan energi oleh tubuh disebut sebagai kapasitas aerobik dan anaerobik, yang akan dikaji sebagaimana berikut ini:

1. Kapasitas Aerobik

Kapasitas aerobik adalah banyaknya energi yang tersedia untuk melakukan kerja pada sistem aerob (Doewes, M, 2008; Sugiyanto dan Sudjarwo, 1993). Kapasitas aerobik cenderung diterjemahkan sebagai kemampuan tubuh dalam mengambil, mengedarkan dan menggunakan oksigen untuk membentuk ATP. Kapasitas ini dapat diketahui dengan melakukan uji terhadap kemampuan tubuh dalam kerja secara aerob semaksimal mungkin. Tes yang digunakan adalah tes kapasitas aerob maksimal (KAM) atau $\dot{V}O_2\text{max}$. Dimana $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ adalah kemampuan seseorang untuk menggunakan oksigen (O_2) selama kegiatan maksimal (Fox, 1988). $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ juga dapat didefinisikan sebagai jumlah maksimal oksigen yang dapat dihirup dari udara kemudian diangkut dan digunakan dalam jaringan untuk menghasilkan ATP.

Energi yang dibutuhkan pada saat aktifitas atau berolahraga merupakan energi yang dihasilkan melalui sistem aerobik. Porsi dari masing-masing sistem tersebut tergantung dari intensitas latihannya (Fox, 1988; McArcile, 1986; Bowers, 1992).

Pada saat melakukan pengerahan tenaga maksimum (melakukan aktifitas fisik atau latihan fisik dengan intensitas tinggi yang cukup lama hingga lelah), maka energi yang dikeluarkan per satuan waktu merupakan energi maksimum yang dikenal sebagai keluaran energi maksimal (Fox, 1988; McArdle, 1986; Bowers, 1992).

Besarnya pasokan energi yang berasal dari sistem aerobik maksimal juga disebut daya aerobik maksimal. Daya aerobik maksimal lazim juga disebut $\dot{V}O_2$ *Max*, yaitu banyaknya ambilan (konsumsi) oksigen per satuan waktu pada saat tubuh melakukan pengerahan tenaga maksimum (Astrand, 1977; Thoden, 1982; Janssen, 1989; Rushall dan Pyke, 1990; Soekarman, 1992). Berdasarkan hasil penelitian, maka ternyata bahwa pada atlet yang berprestasi pada olahraga dengan daya tahan tinggi, ditemukan $\dot{V}O_2$ *Max*nya juga tinggi, yaitu sebesar di atas 50 cc O_2 /kgBB/ menit atau superior. Kapasitas aerobik maksimal biasanya dinyatakan sebagai "*Maksimal Oksigen Uptake*", dan merupakan salah satu faktor penting untuk menunjang prestasi kerja atau ketahanan fisik seseorang (Rushall dan Pyke, 1990).

$\dot{V}O_2$ *Max* merupakan faktor yang dominan terhadap kemampuan tubuh seseorang. Kapasitas aerobik pada hakekatnya merupakan gambaran besarnya kemampuan motorik (*motoric power*) dari proses aerobik seseorang. Dengan demikian, seseorang akan besar kemampuannya untuk memikul beban kerja yang berat dan lebih cepat pulih kesegaran fisiknya sesudah kerja.

Penggunaan oksigen maksimal merupakan faktor yang menentukan penampilan daya tahan, yaitu pengangkutan dan penggunaan oksigen maksimal

oleh otot. Pada titik dimana pemakaian oksigen maksimal dicapai, maka konsumsi oksigen tidak meningkat lagi, walaupun beban diperberat. Ini disebut konsumsi oksigen maksimal/penggunaan oksigen maksimal ($\dot{V}O_2 Max$) (McArdle, 1986).

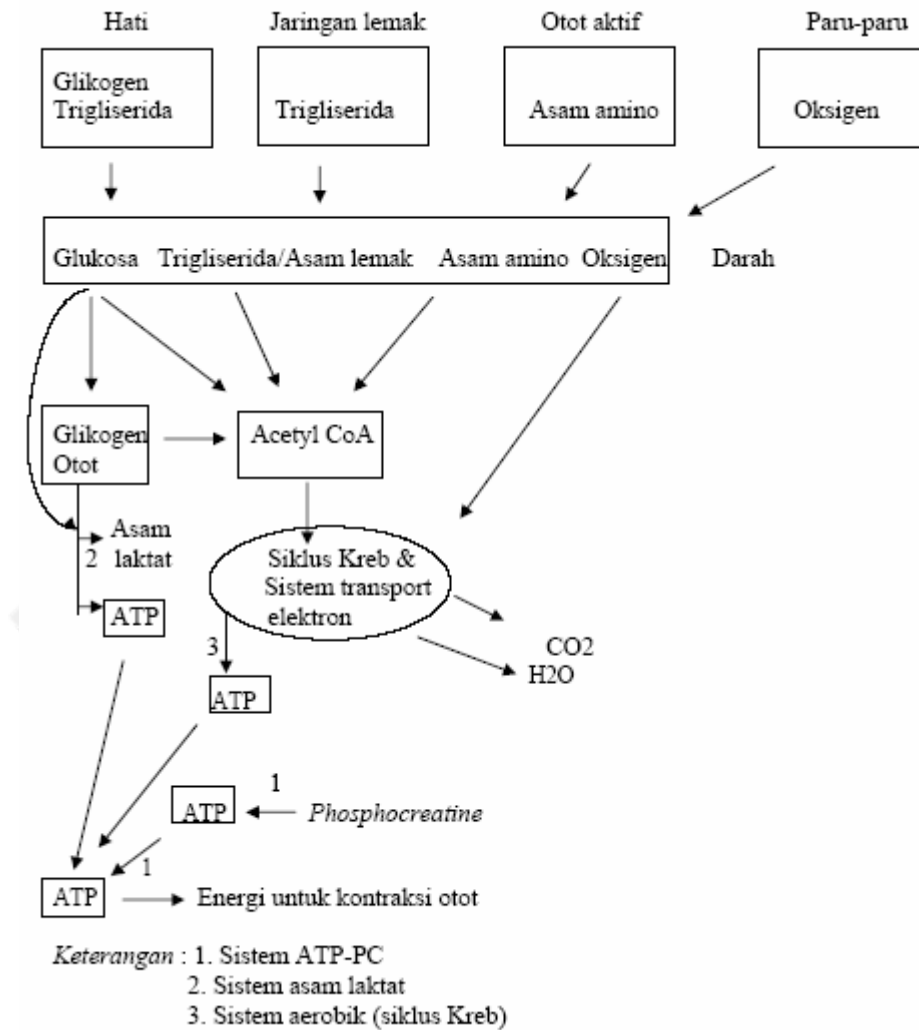
Penyediaan ATP saat kerja tubuh yang bersifat aerobik, dilakukan melalui suatu metabolisme yang khas. Dilihat dari ketersediaan oksigen (O_2) maka jenis metabolisme untuk menunjang aktivitas aerob adalah metabolisme aerob. Berikut ini akan dijelaskan tentang metabolisme aerob dalam tubuh:

a. Metabolisme aerobik

Sistem energi utama yang bekerja dalam tubuh dalam proses resintesis ATP adalah dengan oksidasi karbohidrat, lemak, dan protein yang disimpan dalam sel. Disebut sebagai oksidasi karena dalam reaksinya menggunakan oksigen sehingga metabolisme jenis ini disebut sebagai metabolisme aerobik. Tidak seperti dalam metabolisme anaerobik, proses resintesis ATP secara aerobik tidak menghasilkan asam laktat.

Sumber utama dalam metabolisme ini adalah oksigen dan tiga bahan makanan utama: karbohidrat, lemak dan protein. Walaupun protein bisa menjadi sumber tenaga tetapi ini jarang terjadi selama karbohidrat dan lemak masih tersimpan dalam tubuh. Dalam aktivitas fisik dan olahraga dengan intensitas rendah dan sedang, karbohidrat dan lemak merupakan bahan utama dalam penyediaan tenaga (Klein, S., Coyle, E.F., and Wolfe. R.R., 1994). Bagaimana urutan

tubuh dalam menggunakan bahan-bahan makanan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Urutan Penggunaan Bahan Makanan Secara Aerobik, dikutip dari Melvin H. William, 1991. Nutrition for Fitness and Sport, Iowa: Wm. C. Brown Publishers.

Selain tidak menimbulkan kelelahan karena tidak menghasilkan asam laktat, metabolisme aerobik juga sangat efisien dalam pembentukan ATP. Ini bisa dilihat dari besarnya jumlah unit ATP yang dihasilkan selama proses metabolisme aerobik yaitu sejumlah 36 ATP. Sebaliknya jumlah ATP yang

dihasilkan dalam proses metabolisme anaerobik hanya sejumlah 2 ATP. Namun untuk mendapatkan ATP sebesar itu, diperlukan beberapa reaksi kimia yang terjadi yaitu glikolisis aerobik serta reaksi yang terjadi di dalam mitokondria berupa siklus krebs (*Tricarboxylic acid*) dan sistem transpor elektron (*Electron Transport System*).

1) Glikolisis aerobik

Reaksi pertama adalah pemecahan glikogen menjadi CO₂ dan H₂O disebut glikolisis. Pada dasarnya, hanya terdapat satu perbedaan antara proses glikolisis anaerobik dengan aerobik, yaitu pada *glikolisis aerobik tidak terjadi akumulasi asam laktat* (Coyle, 1984). Dengan kata lain, terdapatnya oksigen menghambat terbentuknya asam laktat, tetapi tidak terjadi proses pembentukan kembali ATP. Dalam glikolisis, hasil akhirnya berupa dua molekul asam piruvat, dua ATP dan 4H. Secara singkat dapat dituliskan dalam rumus kimia berikut:



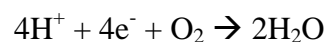
Asam piruvat yang terbentuk kemudian dikonversi menjadi molekul asetikoenzim A (asetil KoA). Dalam proses konversi ini, tidak terbentuk ATP, tetapi 4 atom hydrogen yang dilepaskan akan membentuk 6 molekul ATP jika keempat atom hydrogen tersebut dioksidasi, seperti yang akan dibahas dalam siklus asam sitrat atau siklus Krebs.

2) Siklus krebs (*Tricarboxylic acid*)

Tahap selanjutnya dalam degradasi molekul glukosa dalam mitokondria disebut siklus asam sitrat (juga disebut sebagai siklus asam trikarbositat atau siklus krebs) (Foss, 1998; Fox dan Bowers, 1993; Armstrong, 1995; Guyton dan Hall, 1999; Ganong, 1999). Siklus ini merupakan suatu urutan reaksi kimia dimana gugus asetil dari asetil-KoA dipecah menjadi karbondioksida dan atom hydrogen. Reaksi ini terjadi di dalam matrik mitokondria.

3) Sistem transpor elektron (*Electron Transport System*)

Kelanjutan dalam pemecahan glikogen adalah hasil akhir berupa H₂O yang dibentuk dari H⁺ dan elektron-elektron yang diambil dari siklus krebs dan oksigen yang dihirup. Reaksi khusus dalam proses pembentukan H₂O ini disebut sistem transpor elektron (*Electron Transport System*) atau *respiratory chain*. Yang terpenting diketahui adalah apa yang terjadi ketika ion-ion hidrogen dan elektron-elektron memasuki ETS melalui FADH₂ dan NADH dan ditranspor ke oksigen melalui elektron pengangkut di dalam beberapa reaksi enzimatik yang berurutan, dan produk akhirnya adalah air. Lebih singkat di tuliskan sebagai berikut:



dimana, 4 ion hidrogen (4H⁺) ditambah 4 elektron (4e⁻) ditambah 1 mol oksigen (O₂) menghasilkan 2 mol air (2H₂O). Setelah itu, reaksi berlanjut ke fosforilasi oksidatif (*oxidatife phosphorylation*).

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan oksigen untuk proses metabolisme aerobik

1) Proses Pernafasan atau Respirasi

Pada dasarnya yang menjadi perbedaan antara kapasitas anarobik dan aerobik tubuh adalah ketersediaan oksigen untuk digunakan dalam metabolisme. Jika oksigen tidak mencukupi untuk kerja yang cepat dengan intensitas tinggi maka system penyediaan energi tubuh yang bekerja adalah system anaerob sedangkan jika oksigen tersedia untuk metabolisme dalam upaya penyediaan energi bagi kerja yang dilakukan dalam waktu yang lama dengan intensitas rendah, maka system penyediaan energi tubuh dilakukan secara aerob. Sedangkan oksigen hanya dapat diperoleh melalui proses respirasi

Istilah respirasi adalah pertukaran gas yang terjadi antara organisme tubuh dengan lingkungan sekitarnya. Proses respirasi dapat dibagi menjadi tiga bagian, yakni : pernafasan luar (*eksternal respiration*), pernafasan dalam (*internal respiration*) dan pernafasan seluler (*seluler respiration*) (Hairy, 1991). Pernafasan luar artinya oksigen dari udara luar masuk ke dalam alveoli paru kemudian masuk ke darah, Pernafasan dalam artinya oksigen dari darah masuk ke jaringan-jaringan dan pernafasan seluler adalah oksidasi biologis maksudnya penggunaan oksigen oleh sel-sel tubuh yang kemudian menghasilkan energi, air dan karbon dioksida. Karbon dioksida bergerak dengan jalan berdifusi dari jaringan ke darah, dan setelah

diangkut ke paru, kemudian keluar ke udara luar. Proses pertukaran udara luar dengan udara di dalam paru dinamakan ventilasi paru.

Sedangkan menurut Alsagaff, (1993) proses respirasi berlangsung beberapa tahap yaitu: (1) ventilasi paru, yaitu pergerakan udara ke dalam dan ke luar paru, (2) difusi, yaitu pertukaran gas di dalam alveoli dan darah, (3) transportasi gas (oksigen dan karbondioksida) melalui darah dari dan keseluruhan tubuh, (4) pertukaran gas antara darah dengan sel-sel jaringan, proses ini disebut dengan pernafasan dalam, dan (5) metabolisme penggunaan oksigen di dalam sel serta pembuatan karbondioksida yang disebut pernafasan seluler .

a) Saluran pernafasan

Saluran nafas (*tracheobronchial tree*) berfungsi sebagai saluran udara yang mengalirkan udara dari dan ke *alveolar-capillary complexes*. Saluran nafas terdiri dari trakhea (generasi pertama) dan bronkus utama kanan dan kiri (generasi kedua) serta cabang-cabangnya, dengan cara membagi diri secara dikotomi hingga kegenerasi 23 dan 24 (generasi tambahan). Cabang bronki ini dikenal sebagai bronkus lobar, segmental, subsegmental, hingga cabang yang lebih kecil yang disebut bronkiolus. Selanjutnya bagian distal bronki terdiri dari bronkioli respiratorius, duktus alveolaris, dan sakus alveolaris. Bagian distal saluran nafas ini bersama-sama dengan sistem pembuluh darah membentuk satu unit yang disebut *alveolar-capillary complexes*

(Guyton dan Hall, 1999). Secara fungsional saluran nafas dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- (1) Zona konduksi yang terdiri dari hidung, faring, trakhea, bronkus, dan bronkioli terminaklis.
- (2) Zona respiratorik yang terdiri dari bronkioli respiratorik, duktus alveolaris, sakus alveoli, dan alveoli.

Hidung terdiri dari: nares, konka nasalis yang dipenuhi oleh rambut, zat mukus, dan sila yang bergerak ke arah faring, yang berperan sebagai sistem pembersih pada hidung. Fungsi pembersih ini ditunjang oleh konka nasalis yang menimbulkan turbulensi aliran udara, sehingga dapat mengendapkan partikel dari udara yang selanjutnya diikat oleh zat mukus. Zat mukus yang disekresi hidung mengandung enzim lisosome yang dapat membunuh bakteri. Fungsi hidung secara keseluruhan sebagai: pembersih atas partikel yang masuk, menghangatkan dan melembabkan udara, berperan dalam proses ventilasi, dan fungsi pembauan serta pertahanan (Alsagaff, 1993).

Faring terdiri dari tiga bagian: nasofaring, orofaring, dan laringofaring. Nasofaring merupakan bagian pertama dari faring yang berfungsi sebagai penangkal infeksi (jaringan limfoid adenoid) dan menunjang fungsi telinga (tuba eustachii) yang menghubungkan telinga tengah dengan nasofaring. Saluran ini berperan sebagai saluran pembatasan dan mempertahankan keseimbangan tekanan udara rongga telinga tengah dan tekanan udara luar. Orofaring terletak di belakang

rongga mulut yang berfungsi sebagai saluran udara pernafasan, makanan dan penangkal infeksi (tonsil palatinum dan lingualis). Laringofaring merupakan bagian terakhir faring yang berfungsi untuk mengatur saluran udara pernafasan dan makanan (Alsagaff, 1993).

Laring sering disebut sebagai kotak penghasil udara (korda vokalis) dan lokasinya di bawah faring dan merupakan bagian pertama dari saluran pernafasan bagian bawah. Laring dibentuk oleh kartilago. Secara umum laring mempunyai peranan sebagai: saluran udara dan saluran untuk pengaturan perjalanan udara pernafasan dan makanan, serta sebagai organ penimbul suara.

Trakhea berbentuk sebagai pipa udara yang memiliki panjang 11 cm dan dikenal sebagai eskalator-muko-siliaris, karena silia pada trakhea mendorong benda asing yang terikat zat mukus ke arah faring. Trakhea berperan sebagai jalan pembuka agar udara yang masuk dapat mencapai paru.

b) Otot pernafasan

Ventilasi sebenarnya merupakan akibat dari kontraksi otot-otot pernafasan. Berdasarkan intensitas kerja otot pernafasan dibedakan menjadi otot-otot regular dan otot-otot auxiliar. Pada pernafasan biasa yang banyak bekerja hanya otot-otot regular. Otot-otot auxiliar akan ikut membantu pernafasan jika diperlukan pada saat frekuensi dan

pembesaran rongga dada yang lebih besar. Pada waktu beraktivitas, frekuensi dan kedalaman pernafasan akan meningkat, maka otot-otot auxiliar sangat diperlukan (Fox, Bowers, Foss, 1993).

Otot-otot pernafasan menurut Guyton dan Hall (1999) dapat dikelompokkan menjadi lebih spesifik dalam dua kelompok yaitu: otot-otot inspirasi yang terdiri dari: otot diaphragma, intercostalis eksterni, scaleni, sternocleidomastoideus, serratus anterior, elevator, dan erectos trunchii, dan trapezius, sedangkan otot-otot ekspirasi terdiri dari: rektus abdominalis, internal dan eksternal obliqius, dan transversus abdominis, intercostalis intern, dan seratus inferior posterior. Pada pernafasan biasa, gerakan diafragma hanya setinggi sekitar 1,5 cm, tetapi pada pernafasan dalam dapat terjadi sampai 10 cm. Pada paralisa otot diafragma ketika inspirasi terjadi gerakan ke atas, yang disebut gerakan paradoksal (Astrand, 1977).

Fase inspirasi pada pernafasan terjadi secara aktif, terlebih lagi pada saat melakukan kegiatan olahraga. Otot inspirasi berperan untuk menarik paru dan dinding dada dari posisi seimbang horisontal dan menjaga elastisitas untuk tujuan paru dan dinding dada kembali ke posisi istirahat selama ekspirasi. Otot inspirasi utama adalah otot diaphragma, yang merupakan jaringan ikat dan berbentuk lembaran otot tipis menyerupai kuba yang terikat pada tulang rusuk bawah, sternum (tulang dada) dan tulang belakang. Jika otot diaphragma berkontraksi akan terjadi mekanik sebagai berikut: (a) isi perut akan terteklan ke bawah,

sehingga memperbesar ukuran verikal dada, sehingga tekanan udara di rongga dada mengecil dan (b) tulang rusuk bergerak ke arah atas dan kearah luar. Otot inspirasi lainnya yang penting adalah musculus intercostalis eksterni yang dapat memperluas diameter thorak ke arah anterior-posterior, karena sternum dan tulang rusuk terangkat ke atas dan terdorong ke depan (Fox, Bowers, dan Foss, 1993).

Pada waktu ekspirasi, otot perut (musculus abdominis, rectus abdominis, dan obliquus abdominis) dan diaphragma mengendor, bergerak ke atas dan kembali cembung menonjol ke atas masuk ke dalam rongga dada. Otot-otot di dinding depan perut menekan perut sehingga kedalaman perut mendorong diaphragma ke arah kranial ke dalam thorak. Oleh karena itu volume rongga dada berkurang dan udara dalam paru didorong ke luar. Pada waktu berolahraga (aktivitas) ekspirasi menjadi kegiatan yang aktif dan bertenaga. Kontraksi otot-otot intercostalis interni menarik tulang rusuk ke bawah dan ke dalam. Kontraksi otot perut meningkatkan tekanan dalam rongga perut, kekuatan gerakan otot pembantu pernafasan selama latihan memperbesar aliran udara (Brooks dan Fahey, 1984).

2) Pertukaran Gas-Difusi dalam Sistem Respirasi

a) Prinsip Mekanika dalam Pernafasan

Udara cenderung bergerak dari tekanan daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah, yaitu menuruni gradient tekanan. Udara mengalir masuk dan keluar paru selama proses bernafas mengikuti

penurunan gradient tekanan yang berubah berselang-seling antara alveolus dan atmosfer akibat aktivitas siklik otot-otot pernafasan. Menurut Sherwood, 2001, Terdapat 3 tekanan berbeda yang penting pada proses pernafasan atau ventilasi:

- (1) Tekanan atmosfer (*barometric*) adalah tekanan yang ditimbulkan oleh berat udara di atmosfer terhadap benda-benda di muka bumi. Tekanan atmosfer berkurang seiring dengan penambahan ketinggian suatu daerah di atas permukaan laut karena kolom udara di atas permukaan bumi menurun.
- (2) Tekanan intra-alveolus, yang juga dikenal sebagai tekanan intrapulmonalis, adalah tekanan di dalam alveolus. Karena alveolus berhubungan langsung dengan atmosfer melalui saluran pernafasan, maka udara dengan cepat mengalir mengikuti penurunan gradient tekanan setiap kali terjadi perbedaan tekanan intra-alveolus dengan tekanan atmosfer; udara akan terus mengalir sampai tekanan udaranya seimbang.
- (3) Tekanan intrapleura adalah tekanan di dalam kantung pleura. Tekanan ini juga dikenal sebagai tekanan intratoraks, yaitu tekanan yang terjadi diluar paru di dalam rongga toraks. Tekanan intrapleura biasanya lebih kecil daripada tekanan atmosfer.

Pertukaran Gas pada membran kapiler dengan alveolar dan kapiler dengan jaringan terjadi melalui proses difusi. Difusi dapat didefinisikan sebagai gerakan molekul tanpa aturan – dalam hal ini

molekul gas. Gerakan tanpa aturan ini (kadang-kadang dinamakan gerak Brownian) yang disebabkan oleh energi kinetik molekul. Gas cenderung berdifusi dari daerah yang berkonsentrasi tinggi ke arah yang konsentrasinya lebih rendah, atau karena adanya perbedaan tekanan.

Selanjutnya kita ingin mengetahui lebih jauh tentang konsep difusi, terutama apa yang dinamakan tekanan parsial oksigen (PO_2) dan tekanan parsial karbondioksida (PCO_2) yang berkaitan dengan pertukaran gas. Gas terdiri dari molekul-molekul yang sangat kecil sekali, walaupun dipisahkan oleh jarak yang relatif jauh, kadang-kadang saling bertabrakan satu sama lain; karena memang sifat dari molekul yang selalu bergerak tanpa aturan. Gas mempergunakan tekanannya tergantung kepada jumlah molekul-molekul yang bertabrakan (aktivitas molekul); sehingga makin banyak jumlah molekul yang bertabrakan (aktif) semakin besar pula tekanannya. Untuk menyatakan tekanan setiap gas didalam campuran gas, seperti yang ada pada alveoli atau di dalam cairan, seperti darah, dipergunakan istilah tekanan parsial.

3) Tekanan Parsial Gas O_2 dan CO_2

Karena gas cenderung berdifusi dari daerah yang berkonsentrasi atau bertekanan tinggi ke daerah yang konsentrasinya atau tekanannya lebih rendah, maka oksigen bergerak dari alveoli paru masuk ke darah apabila tekanan oksigen dalam alveoli paru lebih tinggi daripada tekanan oksigen di dalam darah. Selanjutnya, karbondioksida bergerak dari darah masuk ke alveoli, apabila tekanan karbondioksida di dalam alveoli lebih kecil daripada tekanan

karbondioksida di dalam darah. Proses ini sama dengan proses yang terjadi antara darah dan kapiler jaringan. Misalnya, karena terjadi metabolisme di dalam sel-sel jaringan, oksigen dipergunakan (jadi tekanan oksigen menjadi rendah) dan karbon dioksida diproduksi (menyebabkan tekanan karbondioksida naik). Akibatnya, darah bergerak melewati sel-sel jaringan, oksigen keluar dari darah dan masuk ke sel-sel, dan karbondioksida keluar dari sel-sel masuk ke darah.

Seperti kita ketahui, bahwa molekul gas tidak mempunyai bentuk dan volume tertentu, dan selalu menyesuaikan diri terhadap bentuk dan volume dimana gas itu berada. Tekanan gas dapat meningkat dengan meningkatkan aktivitas setiap molekulnya. Apabila gas dipanaskan, velositas molekulnya meningkat, dan akibatnya tekanan meningkat.

Tekanan parsial gas pada campuran gas, kemudian tergantung kepada (1) tekanan total (barometer) dan (2) konsentrasi fraksi gas. Faktor terpenting yang menentukan pertukaran gas adalah laju perubahan tekanan parsial dari masing-masing gas yang terlibat.

a) Pertukaran Gas di dalam Paru dan Jaringan

Pertukaran Gas dalam Paru. Pada waktu istirahat, tekanan molekul oksigen di dalam alveoli adalah sekitar 60 mm Hg. Lebih besar daripada tekanan pada pembuluh darah vena yang masuk ke kapiler pulmoner. Akibatnya, oksigen larut dan berdifusi ke darah melalui membran kapiler. Karbondioksida, dilain pihak, tekanannya sedikit lebih besar pada yang kembali ke pembuluh darah vena, daripada tekanan di

alveoli. Karena itu terjadi difusi karbondioksida dari darah ke paru. Walaupun perbedaan tekanan 6 mm Hg. Untuk difusi karbondioksida ini kecil bila dibandingkan dengan perbedaan tekanan oksigen, tetapi cukup memadai untuk mentransfer gas ini dalam keadaan larut. Nitrogen, zat lain yang dipakai atau yang diproduksi dalam reaksi metabolik, tetap tidak berubah di dalam kapiler gas alveolar.

Proses pertukaran gas ini begitu cepat pada paru yang sehat sehingga keseimbangan antara gas dalam darah dan gas dalam alveolar dapat berlangsung dalam waktu kurang dari satu detik, atau pada pertengahan jalan darah menuju paru. Sehingga pada waktu darah meninggalkan paru yang selanjutnya mengalir ke seluruh tubuh mengandung oksigen dengan tekanan hampir 100 mm Hg. Dan tekanan karbondioksida sekitar 40 mm Hg.

Transfer Gas di dalam Jaringan. Di dalam jaringan, gas yang dikonsumsi di dalam proses metabolisme energi jumlahnya hampir sama dengan jumlah karbondioksida yang dihasilkan, dan tekanan diantara keduanya dapat sangat berbeda pada pembuluh darah arteri. Pada waktu istirahat, PO_2 rata-rata di dalam cairan yang berada di luar sel otot, jarang dibawah 40 mm Hg. Pada waktu melakukan latihan berat, tekanan molekul oksigen di dalam jaringan otot, mungkin jatuh sampai sekitar 3 mm Hg, sedangkan tekanan karbondioksida mendekati 90 mm Hg. Perbedaan tekanan gas di dalam plasma dan jaringan menyebabkan terjadinya difusi. Oksigen meninggalkan darah dan

berdifusi ke sel-sel yang sedang melangsungkan metabolisme, dan pada saat itu juga karbondioksida mengalir dari sel-sel ke darah. Kemudian darah mengalir ke vena dan kembali ke jantung dan selanjutnya dikirim ke paru. Begitu darah masuk ke kapiler paru, dengan cepat pula difusi dimulai lagi.

Tabel 1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Gas Melintasi Membran Alveolus (Sherwood, 2001; Guyton dan Hall, 1999)

Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan Pertukaran Gas Melintasi Membran Alveolus		
FAKTOR	PENGARUH PADA PERTUKARAN GAS MELINTASI MEMBRAN ALVEOLUS	KOMENTAR
Gradien tekanan parsial O ₂ dan CO ₂	Kecepatan pertukaran naik jika gradien tekanan parsial naik	Penentu utama kecepatan pertukaran gas
Luas permukaan membran alveolus	Kecepatan pertukaran naik jika luas permukaan naik	Luas permukaan bersifat tetap pada keadaan istirahat Luas permukaan menjadi lebih luas selama olahraga karena semakin banyak jumlah kapiler paru yang terbuka saat curah jantung meningkat dan alveolus lebih banyak yang mengembang karena bernafas lebih dalam
Ketebalan sawa memisahkan udara dan darah melintasi membran alveolus	Kecepatan pertukaran turun jika keebalan naik	Dalam keadaan normal ketebalan tidak berubah Ketebalan meningkat pada keadaan patologis, misalnya edema paru, fibrosis paru, dan pneumonia.
Koefisien difusi (daya larut membran)	Kecepatan pertukaran meningkat jika koefisien difusi meningkat	Koefisien difusi untuk CO ₂ lebih besar 20 kali lipat dari pada O ₂ , mengimbangi gradien tekanan parsial CO ₂ yang lebih kecil; dengan demikian O ₂ dan CO ₂ yang dipindahkan menembus membran diperkirakan setara

Tubuh sendiri tidak berusaha mencoba untuk membersihkan karbondioksida, tetapi sebaliknya pada saat darah meninggalkan paru dengan PCO_2 40 mm Hg., masih terkandung sekitar 50 ml karbondioksida untuk setiap 100 ml darah. Sejumlah karbondioksida ini sangat penting, karena karbondioksida memberikan masukan bahan-bahan kimia untuk pengendalian nafas pada pusat pernafasan di otak.

4) Transport Oksigen

Oksigen diangkut oleh plasma dan hemoglobin yang terkandung dalam sel-sel darah merah. Oksigen berdifusi kedalam plasma tidak mengalami reaksi kimia, oksigen larut dalam plasma dan diangkut melalui pecahan secara fisik. Jumlah yang dapat diangkut oleh plasma ini dalam keadaan normal, sangat sedikit. Dilain pihak, oksigen yang berdifusi ke sel-sel darah merah bercampur secara kimiawi dengan hemoglobin (oxyhemoglobin – HbO_2). Proses pengikatan ini meningkatkan kapasitas darah untuk mengangkut oksigen sekitar 65 kali.

Pada alveolar dengan PO_2 100mm Hg, hanya sekitar 0,3 mm oksigen dalam bentuk gas larut di dalam setiap 100ml plasma, ini sama dengan 3 mol oksigen per liter plasma. Karena volume darah rata-rata sekitar 5 liter, 15 ml larutan oksigen diangkut di dalam darah (3 mol per liter x 65). Jumlah oksigen ini cukup untuk mempertahankan kehidupan sekitar 4 detik.

5) Larutan Oksigen

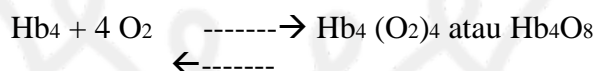
Daya larut oksigen di dalam plasma relative rendah. Oleh karena itu sangat sedikit larutan oksigen yang dapat diangkut oleh plasma ke jaringan-jaringan. Misalnya, pada waktu istirahat, larutan oksigen hanya menyumbang sekitar 3 sampai 4% dari jumlah total oksigen yang diperlukan per menit (total oksigen yang diperlukan sekitar 250 sampai 300 ml). presentase ini bahkan lebih rendah selama latihan maksimal, karna itu hanya kurang dari 2% darit total oksigen yang diperlukan otot yang sedang bekerja. Jumlah larutan oksigen di dalam plasma tidak hanya tergantung kepada daya larutanya saja, tetapi yang telah dikatakan sebelumnya, juga tergantung pada tekanan parsial. Bagaimanapun juga, apabila PO_2 pada arteri meningkat yang disebabkan oleh pernafasan (bernafas dengan oksigen murni), jumlah larutan oksigen akan tetap mensuplai 38% dari total oksigen yang diperlukan pada waktu istirahat, dan 12% selama latihan maksimal. Untuk itu peranan larutan oksigen di dalam memenuhi kebutuhan jaringan terhadap tidak begitu berlebihan. Karena, pertama tekanan parsial oksigen pada pembuluh darah vena dan arteri merupakan hasil tekanan oksigen pada plasma. Kedua, keadaan yang sama pada jaringan yakni tekanan parsial oksigen pada jaringan hasil dari oksigen yang larut dalam cairan jaringan.

Pentingnya tekanan parsial oksigen di dalam pertukaran gas, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kemudian akan diketahui, bahwa menurunkan tekanan parsial oksigen (PO_2) pada arteri dan jaringan. (seperti yang terjadi pada ketinggian tertentu pada permukaan laut) menyebabkan

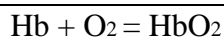
meningkatnya ventilasi dan produksi sel darah merah. Peningkatan ventilasi dan produksi sel darah merah dapat meningkatkan kapasitas oksigen yang dapat diangkut oleh darah, dan merupakan konsep larutan perlu dipertimbangkan, signifikansi ini sama besarnya, baik pada waktu melakukan latihan maupun dalam keadaan istirahat.

a) Oksihemoglobin (HbO₂)

Hemoglobin terdapat di dalam sel-sel darah merah yang merupakan rangkaian molekul dan mengandung zat besi (heme) dan protein (globin). Secara skematis, terlihat dalam bagan di bawah. Afinitas hemoglobin atau kemampuan hemoglobin untuk bersatu dengan oksigen, adalah berhubungan dengan kemampuan heme itu sendiri. Setiap kelompok heme, terdiri dari empat komponen dalam setiap molekul hemoglobin, yang mampu untuk bersatu secara kimiawi dengan satu molekul O₂. ini berarti bahwa satu molekul Hb secara maksimal mampu bersatu dengan empat molekul O₂ sehingga dapat di rumuskan menjadi:



Atau untuk lebih singkatnya , dapat ditulis :



Reaksi ini menurut McArdle (1986) tidak memerlukan enzim dan ini terjadi tanpa merubah valensi dari Fe²⁺ , yang akan terjadi lebih permanen dalam proses oksidasi. Oksigenasi dari hemoglobin menjadi

oksihemoglobin, sepenuhnya tergantung pada tekanan parsial oksigen di dalam cairan.

b) Kapasitas Oksigen (O_2) yang diangkut Hemoglobin

Jumlah maksimum oksigen (kapasitas oksigen) yang dapat diangkut oleh darah di tentukan oleh banyaknya hemoglobin yang ada di dalam sel darah merah. Selanjutnya menurut McArdle (1986) satu gram hemoglobin dapat bersatu dengan 1,34 ml. oksigen. Pada laki-laki dalam keadaan istirahat dan pada ketinggian permukaan air laut terdapat sekitar 15 sampai 16 gram hemoglobin setiap 100 ml darah para perempuan rata-rata sekitar 14 gram pada setiap 100 ml darah. Keadaan ini juga menyebabkan perempuan memiliki kapasitas aerobik lebih rendah daripada laki-laki, selain perbedaan berat badan dan lemak tubuh.

Dengan mengetahui kandungan hemoglobin, maka kapasitas oksigen yang dapat diangkut oleh darah, dapat dengan mudah dihitung, dengan cara:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Konsentrasi hemoglobin} & \times & \text{kapasitas } O_2 \text{ dari Hb} & = & \text{kapasitas } O_2 \text{ darah} \\
 \text{(gramHb/100 ml darah)} & & \text{(ml.O}_2\text{/gramHb)} & & \text{(mlO}_2\text{/100ml darah)} \\
 15 & \times & 1.34 & = & 20,1
 \end{array}$$

Rata-rata, 20,1 ml oksigen yang dapat diangkut oleh hemoglobin dalam setiap 100 ml darah, apabila hemoglobin sudah sepenuhnya

jenuh terhadap oksigen, yaitu, apabila semua hemoglobin di konversi menjadi HbO₂.

Selama latihan, konsentrasi Hb di dalam darah meningkat dari 5 sampai 10%. Ini disebabkan oleh karena mengalirnya cairan yang ada di dalam darah ke sel-sel otot yang sedang bekerja, dan mengakibatkan hemokonsentrasi (Astrand, Cuddy, Saltin, Stenberg, 1964 dalam Brooks dan Fahey, 1984). Keadaan ini menjadi lebih banyak lagi keluarnya cairan dari darah, apabila melakukan latihan dalam waktu yang lama dan di tempat yang panas, karena keringat semakin banyak dikeluarkan untuk mengurangi panas tubuh. Hemokonsentrasi 10% selama latihan, artinya Hb mencapai 16,5 gram per 100 ml darah, sedangkan dalam keadaan istirahat hanya 15 gram per 100 ml darah. Sehingga kapasitas oksigen yang diangkut oleh hemoglobin, meningkat dari 20,1 ml menjadi 22,1 ml suatu perubahan yang sangat menguntungkan.

c. Peningkatan kapasitas aerobik ($\dot{V}O_2 Max$)

Perolehan $\dot{V}O_2 Max$ berbanding terbalik dengan $\dot{V}O_2 Max$ permulaan, dengan mengabaikan intensitas latihan. Oleh sebab itu, lebih rendah $\dot{V}O_2 Max$ permulaan, maka lebih besar $\dot{V}O_2 Max$ dalam latihan. Pengembangan kekuatan, daya tahan otot dan daya kardiovaskuler dapat dilakukan dengan sistem aerobik maupun dengan sistem anaerobik. Besarnya $\dot{V}O_2 Max$ sangat ditentukan oleh: (1) fungsi jantung, paru dan pembuluh darah, (2) proses penyampaian oksigen ke jaringan oleh eritrosit yang melibatkan fungsi jantung untuk memompa darah, (3) volume darah, dan (4) jumlah sel darah merah dalam pengalihan darah dari

jaringan yang kemudian ditransport ke otot yang sedang bekerja (Fox dan Bowers, 1993). Selain itu, Nunn (1987) berpendapat bahwa $\dot{V}O_2 Max$ hanya dapat ditingkatkan dengan sistem aerobik yang bermodalkan pada pembebanan jantung dan paru.

1) Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi $\dot{V}O_2 Max$

Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas, bahwa $\dot{V}O_2 Max$ sangat tergantung pada kemampuan paru, jantung dan pembuluh darah $\dot{V}O_2 Max$ dapat dipandang sebagai pengukuran fungsi kardiovaskuler maksimal. Perubahan $\dot{V}O_2 Max$ akibat latihan aerobik berkisar antara 0-43% atau lebih. Lamb (1984) mengemukakan bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi $\dot{V}O_2 Max$, antara lain:

a) Umur

Perbandingan $\dot{V}O_2 Max$ antara usia muda dan usia yang lebih tua tidak begitu memperlihatkan perbedaan yang tajam. Lamb (1984) mengatakan bahwa pada usia 10-15 tahun dapat mencapai presentase peningkatan $\dot{V}O_2 Max$ yang sama dengan dewasa, tetapi kurang dari usia tersebut di atas cenderung lebih kecil presentase peningkatannya. Hal ini mungkin disebabkan oleh *Cardiac out-putnya* yang lebih rendah.

b) Jenis Kelamin

Nilai $\dot{V}O_2 Max$ laki-laki lebih besar dari nilai $\dot{V}O_2 Max$ perempuan dan berkisar antara 15-30%. Walaupun antar atlet yang terlatih sekalipun. Perbedaan ini akan sangat besar jika dinyatakan ke nilai absolut (liter per menit). Pada umumnya perbedaan ini disebabkan oleh perubahan

komposisi tubuh dan perbedaan kandungan Hb. Wanita dewasa tidak terlatih mempunyai 26% lemak tubuh, sedangkan pria dewasa hanya mempunyai lemak tubuh 15% (Mc Ardle, 1986). Perbedaan ini mengakibatkan transport oksigen pada laki-laki lebih besar selama latihan, sehingga $\dot{V}O_2 Max$ nya juga lebih besar.

c) Genetik

Faktor keturunan adalah sifat bawaan yang dibawa sejak lahir, yang didapat dari sifat kedua orang tua. Pengaruh keturunan terhadap kekuatan otot dan ketahanan otot pada umumnya berhubungan dengan banyaknya serabut otot dan komposisi serabut otot merah dan putih. Seseorang yang lebih banyak memiliki serabut otot merah akan lebih baik untuk melakukan olahraga yang sifatnya aerobik, sedangkan bagi orang yang banyak memiliki serabut otot putih, maka akan lebih unggul dalam melakukan kegiatan olahraga anaerobik.

Besarnya $\dot{V}O_2 Max$ pada seseorang mungkin saja terjadi karena faktor bawaan, yang meliputi: banyaknya serabut otot, tipe serabut otot, emosi, sistem enzim dan perbedaan karakteristik biologik lainnya (Lamb, 1984).

d) Kebiasaan merokok

Kebiasaan merokok juga berpengaruh terhadap daya tahan *Cardiovaskuler*. Pada asap tembakau terdapat 4% karbon monoksida (CO). Afinitas CO pada Hb sebesar 200-300 lebih kuat dari pada oksigen (O_2). Ini berarti CO tersebut lebih cepat mengikat Hb dari pada oksigen.

Sebagaimana. kita ketahui bahwa Hb berperan penting dalam transport O₂ untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Namun. demikian, karena adanya ikatan CO pada Hb akan menghambat pengangkutan O ke jaringan. tubuh yang membutuhkannya. Bila seseorang merokok 10-12 batang sehari, maka di dalam Hbnya akan mengandung sekitar 4,9% CO, sehingga kadar O₂ yang diedarkan ke jaringan menurun sekitar 5%.

e) Status Gizi

Status gizi merupakan ukuran keadaan gizi pada seseorang dan juga pada sekelompok masyarakat dengan memperhitungkan kecukupan zat gizi yang diperoleh dari makanan sehari-hari. Pengukurannya dapat dilakukan dengan mengukur berat badan dibagi tinggi badan (BB/TB). Penentuan status gizi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus IMT (indeks massa tubuh) sebagai berikut

$$\frac{\text{BB (Kg)}}{\text{TB (m)}^2}$$

dengan ketentuan status gizi sebagai berikut:

Tabel 2

Batas Ambang IMT Untuk Indonesia

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat baadn tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,5
Normal		> 18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,0 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat tinggi	> 27,0

Sumber; Depkes, 13 Pesan Dasar Gizi Seimbang, 1994, dalam Almtsier, 2003.

Sementara itu menurut Astrand dan Rodahl (1986), ditambahkan bahwa perbedaan pada $\dot{V}O_2 Max$ disebabkan juga oleh perbedaan aktifitas, garis keturunan, usia, jenis kelamin, tinggi badan, berat badan, gizi dan lain sebagainya.

Olahraga adalah suatu kegiatan fisik menurut cara dan aturan tertentu dengan tujuan meningkatkan efisiensi fungsi tubuh yang hasil akhirnya adalah meningkatkan $\dot{V}O_2 Max$ atau daya aerobik maksimal. Olahraga dapat meningkatkan daya aerobik maksimal, bila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut: (1) intensitas latihan, yaitu beratnya kegiatan fisik dan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kemampuan faal tubuh, (2) frekwensi latihan, yaitu jumlah kegiatan fisik yang dilakukan dalam jangka waktu satu minggu, dan (3) lama latihan, yaitu waktu yang digunakan dalam melakukan kegiatan fisik.

Krisdinamurtirin (1990) mengatakan bahwa status gizi akan mencerminkan kualitas fisik. Status gizi kurang mencerminkan kualitas fisik yang rendah dan akan memberi dampak pada tingkat daya aerobik maksimal, yang berakibat terhadap rendahnya kemampuan kerja.

Selanjutnya Sadoso (1995) menambahkan bahwa status gizi dipengaruhi langsung oleh intake dan keadaan kesehatan tubuh, dan status gizi tersebut akan berpengaruh kepada kesegaran jasmani. Untuk meningkatkan pertumbuhan otot, kekuatan dan daya aerobik maksimal, maka diperlukan istirahat yang cukup selain pengaturan makanan dan latihan

Tabel 3
Klasifikasi Kesegaran $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ (ml/kg bb/menit).

No	Klasifikasi	Kelompok Umur				
		20-29	30-39	40-49	50-59	60
1	Tinggi	>53	> 49	>45	>43	>41
2	Bagus	43-52	39 –48	36-44	24-42	31-40
3	Cukup	34-42	31-38	27-35	25-33	23-30
4	Sedang	25-33	23-30	20-26	18-24	16-22
5	Rendah	<24	<23	<19	<17	<15

(Pusat Kesegaran Jasmani dan Rekreasi Depdikbud, 1996).

2. Kapasitas Anaerobik

Kapasitas anaerobik adalah banyaknya energi yang diperoleh melalui metabolisme secara anaerobik dengan sistem fosfagen (ATP-PC) dan sistem glikolisis anaerobik (lactacid) (Doewes, 2008). Sedangkan Bouchard, C., Taylor, A.W., & Dulac, S., (1982) dalam Mc Dougal, dkk. (1982) mengartikan bahwa kapasitas anaerobik adalah jumlah keseluruhan energi yang diperlukan untuk melakukan suatu kerja yang diperoleh dari sistem energi alactacid dan lactacid. Dengan demikian, beberapa pengertian tersebut di atas sesuai dengan pendapat yang dikemukakan sebelumnya oleh Katch & Weltman, (1979) dalam Mc Dougal, dkk. (1982) yaitu kapasitas anaerobik adalah gabungan dari kapasitas sistem energi alactacid dan kapasitas sistem energi lactacid. Dalam upaya tubuh menyediakan ATP melalui proses metabolisme anaerobik, berikut ini akan dijelaskan tentang proses metabolisme anaerobik dalam tubuh dan faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas metabolismenya:

a. Metabolisme Anaerobik

Arti dari metabolisme anaerobik adalah metabolisme yang terjadi tanpa oksigen.

Sumber tenaga yang diperoleh melalui metabolisme anaerobik merupakan

konsekuensi dari aktivitas tubuh pada intensitas tinggi yang membutuhkan pasokan energi segera. Walaupun tersedia oksigen dalam darah dan di udara, tetapi metabolisme secara aerobik terlalu lama waktunya sehingga tubuh menggunakan jalur anaerobik sebagai cara meresintesis ATP. Ini dilakukan karena dalam proses metabolisme anaerobik ATP dapat dihasil lebih cepat dibandingkan dengan proses aerobik. Dalam metabolisme anaerobik juga terdapat dua sistem energi yang berkerja, yaitu sistem ATP-PC (*Alactic*) dan Sistem glikolisis anaerobik (*lactacid*).

1) Sistem ATP-PC (*Creatine Phosphate Splitting*)

Sistem ATP-PC berguna untuk kontraksi otot dengan durasi waktu antara 3 sampai 8 detik (Fox dan Bowers, 1993, Foss, 1998). Ketika ATP pecah menjadi *Adenosine diphosphate* dan *phosphate inorganic* (Pi), dihasilkan energi yang dapat digunakan untuk kontraksi otot *skelet* selama *exercise*. Tiap molekul ATP yang terurai diestimasi sebanyak 7 – 12 kalori. Disamping ATP, otot *skelet* juga mempunyai energi *phosphate* yang tinggi yaitu *creatine phosphate* (CP), yang dapat dipakai untuk menghasilkan ATP. ATP dan CP yang dapat digunakan segera, sangat sedikit tersedia di dalam tubuh. Kreatin fosfat (CP) merupakan ikatan fosfagen yang mengandung energi yang sangat besar sebagaimana ATP. Dalam otot, kreatin fosfat terdapat tiga sampai lima kali lipat lebih besar dibandingkan ATP (Green, 1982). Salah satu fungsinya adalah melakukan resintesis ATP yang telah terpakai untuk kontraksi otot dalam intensitas yang tinggi

2) Sistem glikolisis anaerobik (*lactacid*)

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 seperti sprint 200 – 800 m, renang gaya bebas 100 m. Glukosa dari glikogen otot dipecah menjadi ATP dengan hasil sampingnya berupa asam laktat. Cara pengadaaan energi anaerobik tersebut di atas untuk membentuk ATP adalah melalui glikolisis anaerobik, dalam sistem ini terjadinya proses pemecahan glikogen didalam sel tanpa memerlukan oksigen. Karena insufisiensi oksigen maka asam piruvat tidak dapat menjadi asetil Co A melainkan 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 (Tesch, dkk. 1978, dalam Pate, dkk. 1984). Melalui sistem ini dari 1 mol (180 gram) glikogen otot dihasil 3 molekul ATP (Fox dan Bowers, 1993; Foss, 1998, Guyton dan Hall, 1999; Ganong, 1999).

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas anaerobik

Didalam kerja tubuh dalam menyediakan energi secara anaerobik, dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain;

- 1) Keterbatasan tubuh dalam menghasilkan ATP secara cepat.
- 2) Jumlah awal glikogen yang tersimpan di otot
- 3) Kemampuan tubuh dalam bertoleransi terhadap akumulasi asam laktat: 25-26 mM⁻¹ dalam darah arteri, dan 20-30 mM⁻¹ di otot.

- 4) Kemampuan tubuh untuk betoleransi terhadap kadar pH yang rendah: 6.8 dalam darah arteri, dan 6.4 di dalam otot.
- 5) tingkat keterlatihan dari seseorang, dimana semakin terlatih seseorang akan memiliki tolransi terhadap akumulasi asam laktat dan pH yang lebih baik dari pada orang yang tak terlatih.
- 6) Distribusi jenis otot rangka, serta enzyme-enzim yang bekerja pada masing-masing jenis serabut otot rangka baik ST maupun FT.
- 7) Efisiensi dari sistem kardiorespirasi dalam mengedarkan dan menggunakan oksigen (Astrand & Rodahl, 1986).

Walaupun demikian, ketika seseorang melakukan aktivitas fisik atau olahraga tidak harus hanya bekerja hanya metabolisme anaerobik saja atau aerobik saja, melainkan yang terjadi adalah kombinasi antara keduanya. Yang membedakan pada tiap cabang olahraga adalah perbandingan persentase sistem energi yang bekerja sebagaimana dalam tabel 1 dan 2. Sistem sistem energi yang bekerja dengan persentase lebih besar disebut sistem energi utama (MacArdle, 1986; Coyle, E.F., 1990). Perbedaan energi predominan dalam setiap cabang olahraga ini bergantung pada karakteristik waktu gerak, serta intensitas yang harus dilakukan dalam cabang olahraga tersebut.

Tabel 4. Perkiraan Durasi Waktu dan Klasifikasi Sistem Energi yang Bekerja Menurut Fox dan Bower, 1993.

Durasi (detik)	Klasifikasi	<i>Energy Supplied By</i>
1 - 4	Anaerobic	ATP (dalam otot)
4 - 20	Anaerobic	ATP + PC
20 - 45	Anaerobic	ATP + PC + Glikogen Otot
45 - 120	Anaerobic, Lactic	Glikogen Otot
120 - 240	Aerobic +	Glikogen Otot + asam Laktat

	Anaerobic	
240- 600	Aerobic	Glikogen Otot + asam lemak

Sedangkan Coyle dkk, 1984 menyatakan estimasinya tentang system energi yang bekerja pada tubuh saat aktivitas fisik adalah sebagai berikut

Tabel 5. Perkiraan Sistem Energi Yang Bekerja Pada Tubuh Pada Durasi Waktu Dan Kondisi Tertentu Coyle dkk, 1984

Contributions of Anaerobic and Aerobic Energy During Sequential Phases of Exercise			
<i>Phase</i>	<i>Time</i>	<i>Anaerobic</i>	<i>Aerobic</i>
1	0 - 30 s	80%	20%
2	30 - 60 s	60%	40%
3	60 - 90 s	42%	58%
4	90 - 120 s	36%	64%
5	120 - ~180 s	30%	70%
Contributions of Anaerobic and Aerobic Energy During Cumulative Periods of Exercise			
	<i>Period</i>	<i>Anaerobic</i>	<i>Aerobic</i>
	0 - 60 s	70%	30%
	0 - 90 s	61%	39%
	0 - 120 s	55%	45%
	0 - 180 s	45%	55%

3. Anak Usia Dini

Dalam penelitian ini, perlu juga dipertegas tentang pengertian anak usia dini untuk menghindari terjadinya salah paham yang mungkin terjadi pada pembaca. Anak usia dini adalah anak yang berusia 0-6 tahun, pengertian ini didasarkan pada undang-undang tentang sistem pendidikan nasional Nomor 20

tahun 2003. Sedangkan menurut beberapa pakar pendidikan anak, anak usia dini diartikan sebagai kelompok anak yang berusia 8-9 tahun (Mansur, 2005 : 88). Lain halnya pada bidang keolahragaan, anak usia dini adalah usia anak yang optimal dalam memulai atau mengawali latihan untuk suatu cabang olahraga tertentu. Karena berbedanya karakteristik kondisi fisik yang diperlukan masing-masing cabang olahraga menyebabkan penentuan usia dini pada masing-masing cabang olahraga tampak berbeda-beda. Kenyataan ini bisa dilihat dari umur awal latihan pada cabang-cabang olahraga berbeda-beda sebagaimana pada tabel 6.

Tabel 6 Usia Dalam Mengawali Suatu Pelatihan Olahraga Prestasi

Age of the beginning of training								
INITIAL I			INITIAL II			INITIAL III		
Group A	Group B	Group C	Group A	Group B	Group C	Group A	Group B	Group C
7 yrs	8 yrs	9 yrs	10 yrs	11 yrs	12 yrs	13 yrs	14 yrs	15 yrs
GYM R	TEN	SWIM	FBALL	ATHL	FEN	BOX	KAY	EQUE
GYM A	TT		HOCK			WRES	ROW	⇐
ACR			VBALL			JUDO		PENTA
DIV			BADM					
			HBALL	⇒				Group D
			WPOL	⇒	⇒			WL

Sumber: Krasilshchikov, 2006.

Berdasarkan tabel diatas, kebanyakan permulaan pelatihan diawali pada umur 10 tahun. Ditinjau dari segi perkembangan fisik, pada masa itu memang sudah terjadi perkembangan kekuatan, fleksibilitas, daya tahan aerobik, power dan kemampuan-kemampuan motorik lainnya (Gallahue, D.L., dan Ozmun, J.C., 1998 : 267-292).

Sedangkan menurut Annarino, Cowell dan Hazelton (1980) yang dikutip oleh Hidayatullah (2002), mengemukakan karakteristik anak sekolah dasar usia 10 tahun meliputi karakteristik fisiologis, psikologis, dan sosiologis.

a. Karakteristik Fisiologi Anak Usia 10 Tahun

- 1) Koordinasi dalam keterampilan gerak dasar sudah membaik.
- 2) Daya tahan mulai meningkat.
- 3) Pertumbuhan fisiknya mantap.
- 4) Koordinasi mata dan tangan baik.
- 5) Postur tubuh belum baik.
- 6) Secara fisiologis, anak perempuan satu tahun lebih maju dari pada anak laki-laki.
- 7) Gigi tetapnya mulai bermunculan menggantikan gigi susu.
- 8) Perbedaan jenis kelamin belum berpengaruh.
- 9) Perbedaan individual makin nyata.
- 10) Cenderung mudah cedera karena mobilitasnya.

b. Karakteristik Psikologis Anak Usia 10 Tahun

- 1) Lingkup perhatiannya bertambah luas, rasa ingin tahu berprestasi berkembang.
- 2) Kemampuan berfikirnya meningkat berkat tahu berprestasi pengalaman-pengalaman lebih banyak dari sebelumnya.
- 3) Suka berkhayal, menyukai musik, dan gerakan-gerakan berirama.
- 4) Suka meniru orang yang menjadi idola atau yang dipujanya.
- 5) Minat terhadap permainan yang terorganisasi mulai meningkat, tetapi belum mampu memegang aturan bermain secara keseluruhan.
- 6) Berkeinginan kuat untuk menjadi seperti orang dewasa.
- 7) Senang mengulang-ulang aktivitas.
- 8) Lebih menyukai aktivitas-aktivitas yang bersifat kompetitif.

c. Karakteristik Sosiologis Anak Usia 10 Tahun

- 1) Mudah puas, tetapi juga mudah berluca hanya hatinya bila dikritik
- 2) Sekali-kali suka membual.
- 3) Suka menggoda dan memukul yang lain.
- 4) Suka memperhatikan perilaku-perilaku yang tidak lazim.
- 5) Bersahabat dan tertarik pada orang lain seolah sebagai teman yang khusus.
- 6) Rasa ingin tahu makin kuat.
- 7) Ada keinginan bergabung dengan kelompok dan seringkali mempunyai teman yang khusus.
- 8) Seringkali kurang memperhatikan penampilan, bikin gaduh dan suka berdebat
- 9) Menjadi lebih mandiri, tetapi masih butuh perlindungan dari orang dewasa.
- 10) Lebih menyukai kegiatan-kegiatan beregu daripada kegiatan-kegiatan individu.
- 11) Suka berfikir bahwa ia dibutuhkan.
- 12) Seringkali memperhatikan perlakuan-perlakuan yang bertentangan dengan teman dekatnya, tetapi ia bersimpati bila temannya mendapatkan kesulitan.
- 13) Mengikuti kepemimpinan kelompok kecil dalam bermain.
- 14) Cenderung membanding-bandingkan dirinya dengan orang lain terutama kekurangan dirinya dalam keterampilan, kegagalan, dan gengsinya.
- 15) Mulai mengenali kebutuhan dan keinginan teman lain serta tujuan dan tanggung jawab kelompok.
- 16) Sudah dapat memecahkan masalah-masalah yang ringan dalam bermain agar kelompok tetap utuh.
- 17) Rasa perbedaan terhadap posisi sosial mulai berkurang.
- 18) Mulai menghargai nilai sopan santun dan susila.

4. Ketinggian Wilayah

Ilmu yang mempelajari tentang rona muka bumi beserta aspek-aspek yang mempengaruhinya disebut geomorfologi (*geomorphology*) (BSN, 1999).

Salah satu kajian dalam ilmu tersebut adalah ketinggian suatu daerah dipermukaan bumi. Ketinggian sendiri adalah jarak vertikal suatu titik pada daerah tertentu di permukaan bumi yang diukur dari permukaan laut sebagai titik awalnya atau titik 0 meter. Ketinggian suatu titik dipermukaan bumi baik di darat maupun di udara biasa dikemukakan dengan ukuran meter atau kaki dengan keterangan di atas permukaan laut (dpl). Misalnya, ketinggian suatu gunung mencapai 2000 m, maka didalam penyebutan secara lengkap harus diberi keterangan di atas permukaan laut (dpl) sehingga menjadi 2000 m dpl. Sedangkan menurut UU No. 24/92 tentang penataan ruang, wilayah adalah ruang yang merupakan kesatuan geografis beserta segenap unsur terkait padanya yang batas dan sistemnya ditentukan berdasarkan aspek administratif dan atau aspek fungsional. Secara administratif wilayah dapat berupa nasional, propinsi, kabupaten dan kota. Secara fungsional wilayah dapat berupa kawasan perkotaan, kawasan perdesaan, dan kawasan tertentu. Termasuk sebagai kawasan tertentu seperti yang diungkapkan pada Undang-undang, dataran tinggi merupakan suatu daerah yang bisa dikatakan sebagai wilayah yang di dalamnya digunakan sebagai tempat pemukiman dari beberapa keluarga yang telah memiliki tempat tinggal di daerah tersebut. Berdasarkan pengertian-pengertian tersebut di atas, maka ketinggian wilayah tempat tinggal adalah jarak vertikal wilayah yang digunakan sebagai tempat bermukim penduduk setempat, diukur dari permukaan laut sebagai titik 0 m dpl.

a. Klasifikasi ketinggian wilayah

Ketinggian selalu juga berhubungan dengan tekanan barometer, tekanan parsial gas, suhu, dan kelembapan. Semua komponen tersebut saling

berinteraksi membentuk karakteristik iklim dari setiap tiap tingkat ketinggian tertentu. Berikut ini adalah klasifikasi iklim yang didasarkan kepada ketinggian yaitu klasifikasi Yunghunh.

Tabel 7 Pembagian Zona Iklim Berdasarkan Ketinggian

Zone Iklim	Ketinggian (dpl)	Karakteristik
panas	0 – 700 m	suhu rata-rata tahunan lebih 22 C (padi, jagung, tebu dan kelapa)
sedang	700-1500m	suhu rata-rata tahunan antara 15 – 22 C (kopi, the, kina dan karet)
sejuk	1500 – 2500m	suhu rata-rata tahunan 11 C – 15 C (cocok tanaman hortikultura)
dingin	2500 – 4000m	suhu rata-rata tahunan 11 C (zone ini tumbuhan yang ada berupa lumut)
salju tropis	lebih dari 4000m	Suhu rata-rata dibawah 11 C, di daerah ini tidak terdapat tumbuhan

- b. Karakteristik Tekanan Parsial O₂, dan Tekanan Barometer Pada Tiap Level Ketinggian Suatu Wilayah

Sebagaimana telah dibahas sedikit di depan bahwa, ketinggian juga berhubungan dengan tekanan parsial O₂, dan tekanan barometer, maka berikut ini juga akan disajikan tentang tingkat tekanan parsial Oksigen (PaO₂), tekanan barometer, dan persentase oksigen (O₂) di Atmosfer pada ketinggian tertentu.

Tabel 8. Tingkat Tekanan Parsial Oksigen (PaO_2), Tekanan Barometer, Dan Persentase Oksigen (O_2) Di Atmosfer Sesuai Ketinggian (Lumb, 2000)

Ketinggian		Tekanan barometer		PO ₂ Ispirasi		% oksigen ekuivalen	% oksigen
Kaki	Meter	KPa	MmHg	KPa	MmHg	pada permukaan laut	dibutuhkan
	< 200		760	19,9	149	20,9	20,9
2000	610	94,3	707	18,4	138	19,4	22,6
4000	1220	87,8	659	16,9	127	17,8	24,5
6000	1830	81,2	609	15,7	118	16,6	26,5
8000	2440	75,3	564	14,4	108	15,1	28,8
10000	3050	69,7	523	13,3	100	14,0	31,3
12000	3660	64,4	483	12,1	91	12,8	34,2
14000	4270	59,5	446	11,1	83	11,6	37,3
16000	4880	54,9	412	10,1	76	10,7	40,8
18000	5490	50,5	379	9,2	69	9,7	44,8
20000	6100	46,5	349	8,4	63	8,8	49,3
22000	6710	42,8	321	7,6	57	8,0	54,3
24000	7320	39,2	294	6,9	52	7,3	60,3
26000	7930	36,0	270	6,3	47	6,6	66,8
28000	8540	32,9	247	5,6	42	5,9	74,5
30000	9250	30,1	226	4,9	37	5,2	83,2
35000	10700	23,7	178	3,7	27	3,8	-
40000	12200	18,8	141	2,7	20	2,8	-
45000	13700	14,8	111	1,8	13	1,9	-
50000	15300	11,6	87	1,1	8	1,1	-
63000	19200	6	47	0	0	0	-

Bisa dilihat di tabel 8 tersebut bahwa semakin tinggi suatu daerah dari permukaan air laut, maka semakin rendah pula tekanan parsial O_2 , dan tekanan barometer, demikian juga dengan persentase oksigen di udara. Keadaan ini berpengaruh juga terhadap persentase oksigen yang dapat dihirup sebagai akibat semakin rendahnya tekanan inspirasi oksigen (PO_2). Sehingga memungkinkan tubuh mendapat oksigen lebih sedikit, karena oksigen yang berdifusi ke alveolus menjadi semakin sedikit. Dengan demikian akan memaksa tubuh melakukan aklimatisasi bagi orang yang baru datang dari iklim yang berbeda. Sedangkan bagi orang yang telah tinggal dan dilahirkan

diwilayah tinggi maka tubuh akan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tersebut.

c. Aklimatisasi Terhadap PO_2 Yang Rendah

Seseorang yang tinggal di tempat tinggi selama beberapa hari, minggu, atau tahun menjadi semakin teraklimatisasi terhadap PO_2 yang rendah, sehingga efek buruknya terhadap tubuh makin lama makin berkurang, dan memungkinkan orang tersebut untuk bekerja lebih berat tanpa mengalami efek hipoksia atau untuk naik ke tempat yang lebih tinggi. Prinsip-prinsip utama yang terjadi pada aklimatisasi ialah (1) peningkatan ventilasi paru yang cukup besar, (2) sel darah merah bertambah banyak, (3) kapasitas difusi paru meningkat, (4) vaskularisasi jaringan meningkat, (5) kemampuan sel dalam menggunakan oksigen meningkat sekalipun PO_2 rendah.

1) Peningkatan Fleksi Paru

Jika PO_2 mendadak menjadi rendah, perangsangan kemoreseptor akibat hipoksia akan meningkatkan ventilasi alveolus maksimal sekitar 65 persen di atas normal. Ini merupakan kompensasi yang terjadi segera pada waktu naik ke tempat tinggi, dan dengan ini saja orang akan dapat naik beberapa ribu kaki lebih tinggi dibanding tanpa peningkatan ventilasi. Bila orang itu kemudian tinggal di tempat yang sangat tinggi selama beberapa hari, secara perlahan-lahan akan naikmenjadi lima kali normal (400 persen di atas normal). Keterangan mengenai peningkatan bertahap ini akan dijelaskan kemudian.

Kenaikan ventilasi paru yang mendadak sebesar 65 persen pada saat kita naik ke tempat tinggi akan menghilangkan sejumlah besar karbon dioksida, sehingga PCO_2 turun dan meningkatkan pH cairan tubuh. Semua perubahan itu akan menghambat pusat pernapasan dan dengan demikian melawan efek PO_2 yang rendah untuk merangsang kemoreseptor pernapasan perifer dalam badan carotid dan badan aortik. Namun efek hambatan ini perlahan-lahan hilang dalam waktu dua sampai lima hari, sehingga pusat pernapasan sekarang dapat mengadakan respon maksimal terhadap rangsangan kemoreseptor sebagai akibat dari hipoksia, dan ventilasi meningkat sekitar lima kali lipat dari normal. Penyebab dari hilangnya hambatan ini terutama karena penurunan kadar ion bikarbonat dalam cairan serebrospinal dan jaringan otak. Perubahan-perubahan tersebut akan menurunkan pH cairan di sekeliling neuron kemosensitif dalam pusat pernapasan, dengan demikian akan meningkatkan aktivitas pusat pernapasan.

2) Peningkatan Sel Darah Merah Dan Hemoglobin Sewaktu Aklimatisasi.

Hipoksia merupakan rangsangan utama yang menyebabkan peningkatan produksi sel darah merah. Biasanya, pada aklimatisasi penuh terhadap oksigen yang rendah, hematokrit dapat meningkat dari nilai normal yang berkisar 40 sampai 45 menjadi rata-rata 60, dan ini sesuai dengan peningkatan kadar hemoglobin dari nilai normal 15 gm/dl menjadi 20 gm/dl. Selain itu, volume darah juga bertambah, seringkali meningkat

20 sampai 30 persen, menghasilkan peningkatan total hemoglobin yang beredar menjadi 50 persen atau lebih.

Peningkatan hemoglobin dan volume darah terjadi perlahan-lahan, hampir tidak menimbulkan pengaruh apa-apa sampai setelah dua minggu, mencapai separuh kapasitas dalam satu bulan atau lebih dan baru mencapai kapasitas penuh setelah beberapa bulan.

3) Peningkatan Kapasitas Difusi Setelah Aklimatisasi.

Kita ingat bahwa kapasitas difusi normal untuk oksigen ketika melalui membrane paru kira-kira 21 ml/mm Hg /menit, dan kapasitas difusi ini dapat meningkat sebanyak tiga kali lipat selama olahraga. Peningkatan kapasitas difusi yang serupa terjadi di tempat tinggi. Sebagian dari peningkatan ini mungkin disebabkan oleh volume darah kapiler paru yang sangat meningkat, dan menyebabkan pelebaran kapiler serta peningkatan luas permukaan difusi oksigen ke dalam darah. Sebagian lagi disebabkan oleh peningkatan volume paru, yang mengakibatkan meluasnya permukaan membrane alveolus. Bagian terakhir yang menyokong ialah peningkatan tekanan arteri paru, tenaga ini akan mendorong darah melalui lebih banyak kapiler alveolus daripada dalam keadaan normal terutama bagian atas paru, yang dalam keadaan biasa perfusinya buruk.

4) Sistem Sirkulasi Pada Aklimatisasi-Peningkatan Kapilaritas

Segera setelah mencapai suatu tempat yang tinggi, curah jantung seringkali meningkat sampai 30 persen, tetapi kemudian turun kembali menjadi normal seiring dengan peningkatan hematokrit darah, sehingga

jumlah oksigen yang diangkut ke jaringan kira-kira tetap normal_kecuali bila tempat itu terlalu tinggi sehingga muncul hipoksia berat.

Adaptasi sirkulasi yang lain adalah peningkatan jumlah dan ukuran kapiler dalam jaringan yang akan disebut sebagai peningkatan kapileritas. Hal ini terjadi terutama terjadi pada binatang yang lahir dan dibiakkan di tempat tinggi, dan kurang nyata efeknya bila binatang itu baru berada di tempat tinggi setelah umurnya cukup tua. Peningkatan kapileritas akan sangat nyata terlihat pada jaringan-jaringan aktif yang terpapar hipoksia kronik. Sebagai contoh, kepadatan kapiler dalam otot ventrikel kanan meningkat beberapa persen akibat hipoksia dan beban kerja yang berat, yang disebabkan oleh hipertensi pulmonal di ketinggian (hipertensi yang disebabkan vasokonstriksi pembuluh paru yang timbul akibat kadar oksigen alveolus yang rendah)

5) Aklimatisasi Selular

Pada binatang yang tinggal di ketinggian 13.000 sampai 17.000 kaki jumlah mitokondria dan beberapa system enzim oksidatif seluler sedikit lebih banyak daripada yang diam di tempat-tempat yang setinggi permukaan laut. Oleh karena itu, diduga orang yang beraklimatisasi seperti juga binatang-bianatang tersebut di atas dapat menggunakan oksigen lebih efektif dibandingkan rekan-rekannya yang tinggal di tempat setinggi permukaan laut, tetapi hal ini tidak mutlak terjadi.

d. Karakteristik Geografis Pada Wilayah Tinggi (Kota Batu) Dan Wilayah Rendah (Kabupaten Gresik)

Berdasarkan karakteristik tekanan parsial oksigen pada setiap tingkat ketinggian suatu wilayah dan profil wilayah yang diterbitkan oleh pemerintah daerah setempat dimana penelitian berlangsung, maka masing-masing wilayah dalam hal ini adalah wilayah tinggi pada Kota Batu dan wilayah rendah Kabupaten Gresik memiliki karakteristik geografis berbeda dengan gambaran sebagai berikut:

1). Karakteristik Geografis Wilayah Tinggi (Kota Batu)

Kota Batu merupakan salah satu bagian dari wilayah Jawa Timur yang secara geografis terletak pada posisi antara :

- $7,44^{\circ} 55,11''$ s/d $8,26^{\circ} 35,45''$ Lintang Selatan
- $122,17^{\circ} 10,90''$ s/d $122,57^{\circ} 00,00''$ Bujur Timur

Keadaan topografi Kota Batu memiliki dua karakteristik yang berbeda. Karakteristik pertama yaitu bagian sebelah utara dan barat yang merupakan daerah ketinggian yang bergelombang dan berbukit. Sedangkan karakteristik kedua, yaitu daerah timur dan selatan merupakan daerah yang relatif datar meskipun berada pada ketinggian 800 - 3000m dari permukaan laut. Dalam penelitian ini diambil sampel yang berasal dari Kota Batu bagian utara yang relatif tinggi (lebih dari 1200m dpl) dan berbukit-bukit (Pemkot Batu, 2007). Dengan demikian tekanan parsial oksigen Inspirasi pada wilayah ini sebesar 127- 118 mmHg. Keadaan Klimotografi Kota Batu memiliki suhu minimum $24 - 18^{\circ} C$ dan suhu maksimum $32 - 28^{\circ} C$ dengan kelembaban udara sekitar 75 - 98% dan curah hujan rata-rata 875 - 3000 mm per tahun (Pemkot Batu, 2007).

2). Karakteristik Geografis Wilayah Rendah (Kabupaten Gresik)

Topografi Wilayah Kabupaten Gresik sebagian besar merupakan dataran rendah dan relatif datar dengan ketinggian antara 0 - 25 meter diatas permukaan air laut (dpl). Berdasarkan konsepsi Wilayah Administrasi, Kabupaten Gresik dapat dikelompokkan dalam 5 (lima) wilayah :

- a. Wilayah dengan ketinggian 0 - 7 meter dpl terletak di Kecamatan Ujungpangkah, Sidayu, Bungah, Manyar dan Kabupaten Gresik.
- b. Wilayah dengan ketinggian 7 - 25 meter dpl meliputi wilayah Gresik bagian utara (Panceng dan sebagian Ujungpangkah) kemudian wilayah Gresik bagian barat dan selatan.
- c. Wilayah dengan ketinggian 25 - 50 meter dpl terdapat di Kecamatan Dukun, Kebomas, Kedamean, Driyirejo, Wringinanom dan kepulauan Bawean
- d. Wilayah dengan ketinggian 50 - 100 meter dpl meliputi Kecamatan Ujungpangkah sebagian Kecamatan Dukun, Kebomas, Kedamean, Wringinanom dan kepulauan Bawean.
- e. Wilayah dengan ketinggian 100 dpl keatas terdapat di kepulauan Bawean.

Dalam penelitian ini diambil sampel yang berasal dari wilayah kecamatan Panceng, dengan ketinggian rata-rata 15 meter dpl, dan tekanan parsial oksigen inspirasi 148 mmHg.

e. Adaptasi Alami Pada Orang Yang Tinggal Di Wilayah Tinggi Memungkinkan Memiliki Kapasitas Aerobik Dan Anaerobik Yang Superior

Banyak penduduk yang tinggal di pegunungan Andes dan Himalaya berada di atas ketinggian 13.000 kaki satu golongan orang yang tinggal di Andes bagian Peru ternyata tinggal di ketinggian 17.500 kaki dan bekerja di pertambangan dengan ketinggian 19.000 kaki. Banyak dari penduduk tersebut lahir di ketinggian itu dan tinggal di sana sepanjang hidupnya. Dalam semua aspek aklimatisasi, penduduk ini lebih superior dibandingkan dengan penduduk dari tempat yang rendah dengan aklimatisasi terbaik, walaupun penduduk dari tempat rendah itu telah beraklimatisasi di tempat tinggi selama 10 tahun atau lebih. Proses adaptasi pada penduduk tersebut telah dimulai semenjak masa bayi. Terutama ukuran dadanya lebih besar, sedangkan ukuran tubuhnya sedikit lebih kecil, sehingga rasio kapasitas ventilasi terhadap massa tubuh menjadi lebih besar. Selain itu, jantungnya terutama jantung kanan jauh lebih besar daripada jantung orang yang tinggal di tempat rendah, jantung kanan yang besar itu menghasilkan tekanan yang tinggi dalam arteri pulmonalis sehingga dapat mendorong kapiler paru yang telah sangat melebar.

Pengangkutan oksigen oleh darah ke jaringan juga jauh lebih mudah pada orang-orang di atas. Walaupun tekanan O_2 dalam arteri hanya 40 mmHg tetapi jumlah oksigen didalam darah menjadi lebih banyak karena jumlah hemoglobin yang lebih banyak pula. Demikian juga dengan tekanan O_2 di vena, pada penduduk dataran tinggi terlihat lebih rendah yaitu 15 mmHg. Ini

menunjukkan bahwa pengangkutan oksigen ke jaringan adalah lebih baik pada penduduk dataran tinggi.

Dengan kondisi tersebut diatas, dengan segala perubahan-perubahan karakter biologis pada penduduk yang lahir dan tinggal di wilayah tinggi, maka akan memungkinkan sekali bahwa mereka yang sudah berhasil beradaptasi akan memiliki kapasitas aerobik yang lebih baik dibandingkan dengan penduduk yang ditinggal di dataran rendah. Demikian juga dengan kapasitas anaerobnya, akan juga mengalami perubahan menjadi lebih baik karena adaptasi terhadap terbatasnya oksigen O₂, menyebabkan tubuh terbiasa bekerja dengan oksigen yang terbatas.

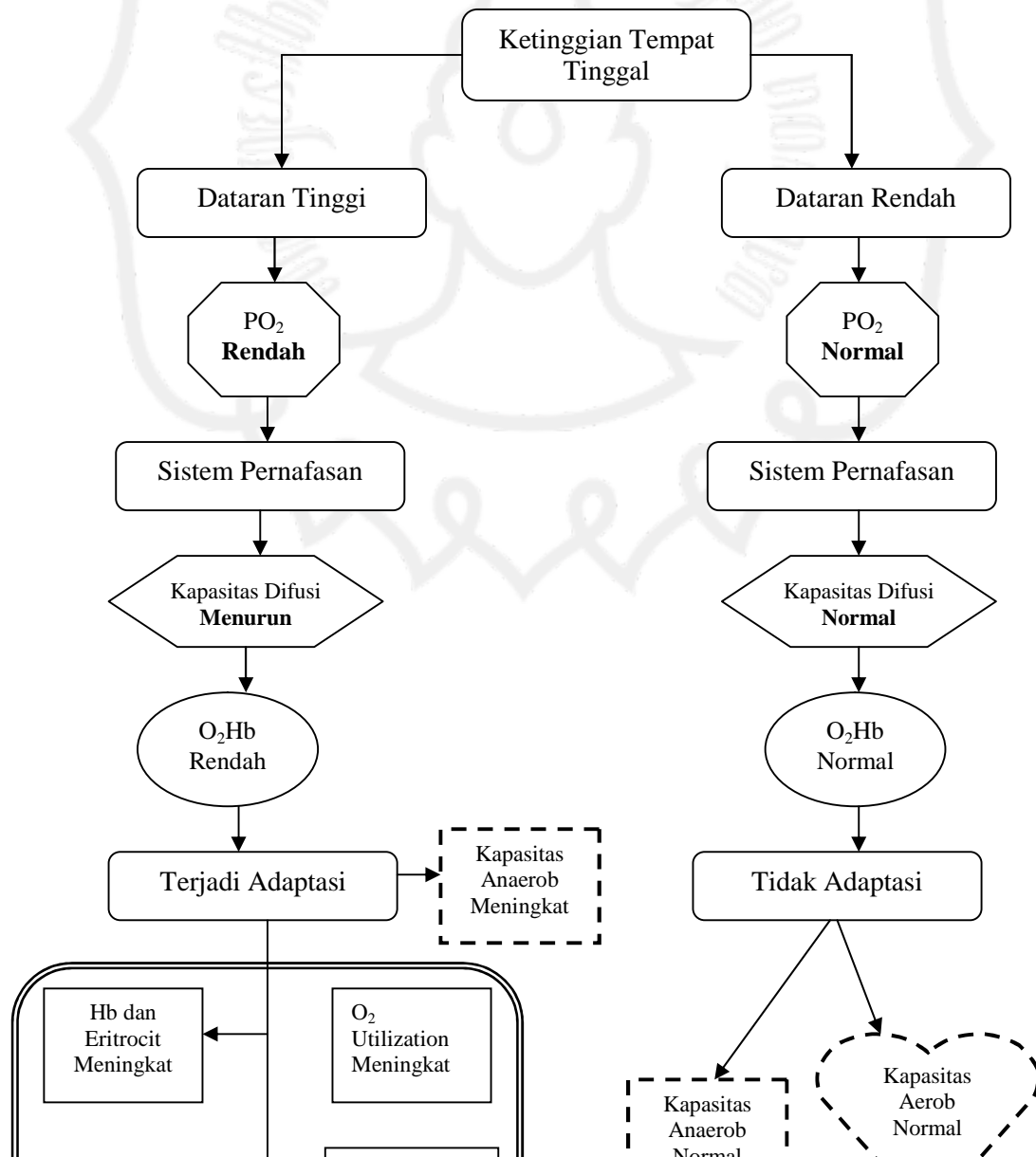
B. Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang ada hubungan dengan pengaruh ketinggian wilayah terhadap kapasitas aerobik dan anaerobik manusia antara lain penelitian yang telah dilakukan oleh Ge, R.L., dkk. (1994), tentang perbandingan kapasitas aerobik ($\dot{V}O_2 \text{ Max}$) dan kinerja fisik maksimal (*anaerobik power*) antara penduduk asli dan telah lama tinggal di pegunungan tibet dengan penduduk Han (dataran rendah). Kesimpulan yang didapat adalah penduduk Tibet memiliki kapasitas aerobik ($\dot{V}O_2 \text{ Max}$) lebih rendah dari pada penduduk Han (30.4 +/- 1.5 vs. 36.0 +/- 1.9 ml.min⁻¹.kg⁻¹ STPD; P < 0.05), tetapi pada hasil kinerja aktivitas fisik maksimal (*anaerobik power*) penduduk Tibet lebih baik dari pada penduduk Han (167.7 +/- 4.2 vs. 150.0 +/- 5.9 W; P < 0.05). Hasil pada perbandingan kapasitas aerobik ($\dot{V}O_2 \text{ Max}$) tersebut mendukung temuan Obert, P., dkk.

(1993) pada penelitiannya yang membandingkan kapasitas aerobik dan *anaerobic power* anak laki-laki berdasarkan ketinggian wilayah tempat tinggal dan tingkat status ekonomi. Adapun hasil penelitiannya antara lain kapasitas aerobik anak laki-laki dataran tinggi 10% lebih rendah dibandingkan dengan anak laki-laki dataran rendah. Sedangkan kapasitas *anaerobic power* antara anak dataran tinggi dan dataran rendah tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sebaliknya kemampuan tersebut berbeda pada kelompok anak-anak mampu dan tidak mampu dimana anak mampu memiliki power yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok anak yang tidak mampu. Tetapi jika dibandingkan antara kelompok laki-laki dataran tinggi dengan dataran rendah maka didapat bahwa kelompok dataran tinggi memiliki power yang lebih besar dibandingkan dengan yang kelompok dataran rendah.

Demikian juga penelitian yang telah dilakukan oleh Blonc, S., dkk. (1996) tentang perbedaan kapasitas aerobik dan anaerobik power anak perempuan prepuberty negara bolivia berdasarkan ketinggian wilayah tempat tinggal dan status ekonomi. Mereka menemukan bahwa kapasitas aerobik kelompok anak status ekonomi rendah lebih kecil dari pada kelompok anak status ekonomoi tinggi baik pada kedua wilayah ketinggian. Begitu juga dengan kapasitas anaerobik power kelompok anak perempuan dengan status ekonomi rendah lebih kecil dengan kelompok anak perempuan status ekonomi tinggi baik pada daerah wilayah tinggi maupun rendah. Namun perbandingan antara kelompok anak perempuan wilayah tinggi (4600 m dpl) memiliki kapasitas anaerobik power sedikit lebih baik dibandingkan dengan kelompok anak perempuan wilayah rendah (420 dpl).

C. Kerangka Berpikir



1. Perbedaan kapasitas aerobik dan anarobik antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah.

Kapasitas aerobik merupakan kemampuan tubuh yang berkaitan dengan kemampuan tubuh dalam menggunakan oksigen yang ada dalam tubuh terutama dalam darah. Kemampuan tubuh dalam menggunakan oksigen dalam darah ini dapat dipengaruhi oleh latihan fisik yang memaksa tubuh untuk menggunakan oksigen sebanyak-banyaknya agar kebutuhan oksigen yang meningkat sebagai akibat aktivitas fisik tersebut dapat terpenuhi. Sehingga melalui latihan ini dapat kemampuan tersebut akan bisa meningkat. Namun, peningkatan kemampuan tubuh dalam penggunaan oksigen dalam darah dapat juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang memungkinkan tubuh untuk beradaptasi dalam penggunaan oksigen.

Ketinggian tempat atau suatu wilayah merupakan salah satu kondisi lingkungan yang memungkinkan tubuh melakukan adaptasi terhadap tekanan parsial oksigen yang semakin rendah. Semakin tinggi suatu tempat maka semakin rendah pula tekanan barometernya, yang berpengaruh pada rendahnya tekanan

parsial oksigen dalam udara. Dengan rendahnya tekanan parsial ini maka, proses difusi oksigen di dalam alveolus akan terpengaruh menjadi semakin kecil. Akibatnya, kejenuhan oksigen dalam darah (SaO_2) bisa menurun. Apabila kondisi seperti ini dialami tubuh manusia secara terus menerus sejak lahir, maka selama proses pertumbuhan biologis akan mengalami adaptasi. Adaptasi biologis yang dapat terjadi antara lain adalah tubuh dapat merespon dengan meningkatnya kadar hemoglobin (Hb) dalam darah, meningkatnya jumlah mitokondria dalam sel otot, dan meningkatnya proporsi pembuluh darah arteri. Dengan adaptasi-adaptasi tersebut diatas memungkinkan tubuh yang dilahirkan dan tinggal di wilayah tinggi (didas 800 m dpl) lebih efisien dalam menggunakan oksigen dalam darah dan lebih terbiasa dengan aktivitas fisik dengan kadar oksigen dalam tubuh rendah, sehingga kapasitas anaerobik lebih baik. Terjadinya peningkatan-peningkatan Hb, mitokondria dalam sel otot, dan pembuluh darah arteri pada seseorang yang dilahirkan dan tinggal di wilayah tinggi menyebabkan perbedaan jumlah atau proporsi bila dibandingkan dengan seseorang yang dilahirkan dan tinggal di wilayah dengan ketinggian rendah. Karena pada wilayah rendah, tidak terjadi adaptasi perkembangan biologis yang diakibatkan oleh kondisi tekanan parsial oksigen (PaO_2) di udara. Dengan perbedaan biologis tersebut dapat diperkirakan juga terjadi perbedaan fisiologis yang berkaitan dengan penggunaan oksigen dalam darah, yaitu kapasitas aerobik maupun kapasitas anaerobik.

2. Ada perbedaan kapasitas aerobik dan anaerobik antara anak laki-laki dengan anak wanita.

Secara biologis pertumbuhan anak laki-laki dan perempuan pada usia 10 tahun memang relatif sama, misalnya tinggi badan, dan berat badan. Namun proporsi otot, tulang, dan lemak, bisa berbeda. Sehingga kemampuan tubuh dalam melakukan aktivitas fisik yang bersifat aerobik maupun anaerobik juga bisa berbeda. Dengan demikian dapat diperkirakan bahwa kemampuan tubuh dalam aktivitas aerobik dan anaerobik antara anak laki-laki dan perempuan berbeda.

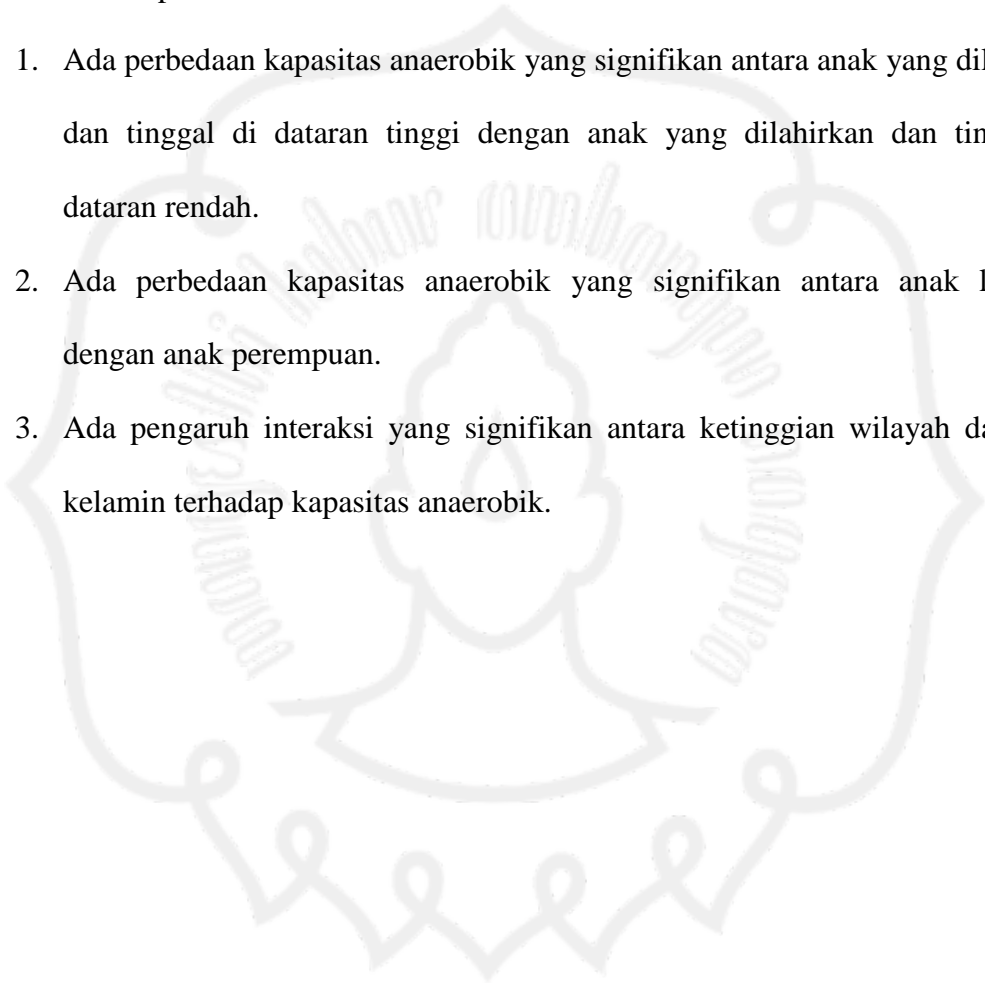
3. Ada pengaruh interaksi antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas aerobik dan anaerobik.

Jenis kelamin merupakan salah satu faktor yang bisa membedakan kapasitas aerobik seseorang. Demikian juga kondisi lingkungan dalam hal ini ketinggian wilayah juga dapat mempengaruhi kapasitas aerobik dan anaerobik setiap individu yang tinggal di daerah tersebut, baik laki-laki maupun perempuan. Ketinggian wilayah juga kemungkinan dapat mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan anak sehingga dimungkinkan ada interaksi yang di antara ketinggian wilayah, dan jenis kelamin terhadap kapasitas aerobik dan anaerobik anak.

D. Pengajuan Hipotesis

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konsep teori yang telah dikemukakan di atas, dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

- a. Analisis kapasitas aerobik
 1. Ada perbedaan kapasitas aerobik yang signifikan antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah.

2. Ada perbedaan kapasitas aerobik yang signifikan antara anak laki-laki dengan anak perempuan.
 3. Ada pengaruh interaksi yang signifikan antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas aerobik.
- a. Analisis kapasitas anaerobik
1. Ada perbedaan kapasitas anaerobik yang signifikan antara anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran tinggi dengan anak yang dilahirkan dan tinggal di dataran rendah.
 2. Ada perbedaan kapasitas anaerobik yang signifikan antara anak laki-laki dengan anak perempuan.
 3. Ada pengaruh interaksi yang signifikan antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap kapasitas anaerobik.
- 

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan Kota Batu Kecamatan Bumi Aji untuk dataran tinggi dengan ketinggian wilayah 1500m dpl, dan di Kabupaten Gresik, kecamatan Panceng, untuk dataran rendah dengan ketinggian wilayah 5 m dpl. Sedangkan waktu dan jadwal penelitian adalah pada bulan Mei 2008.

B. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *ex post facto* yaitu penyelidikan secara empiris yang sistematis dimana peneliti tidak mempunyai kontrol langsung terhadap variabel-variabel bebas (*independent variables*) karena manifestasi fenomena telah terjadi atau karena fenomena sukar dimanipulasi (Nazir, 1999:86 ; Sukardi, 2004:165; Notoatmodjo, 2005:27; Gratton dan Jones, 2004 : 9).

2. Desain Penelitian

Data dalam penelitian ini analisis kapasitas aerobik dan anaerobik dilakukan dengan rancangan faktorial 2 X 2:

a. Rancangan Percobaan Faktorial 2 X 2 untuk Kapasitas Aerobik

Jenis Kelamin (B)	Ketinggian Wilayah Tempat Tinggal (A)	
	Dataran Tinggi (A1)	Dataran Rendah (A2)
Pria (B1)	A1B1	A2B1
Wanita (B2)	A1B2	A2B2

b. Rancangan Percobaan Faktorial 2 X 2 untuk Kapasitas Anaerobik

Jenis Kelamin (B)	Ketinggian Wilayah Tempat Tinggal (A)	
	Dataran Tinggi (A1)	Dataran Rendah (A2)
Pria (B1)	A1B1	A2B1
Wanita (B2)	A1B2	A2B2

3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari:

1. Variabel bebas yaitu
 - a. Ketinggian wilayah yang diklasifikasikan sebagai dataran tinggi dan dataran rendah
 - b. Jenis kelamin yang diklasifikasikan menjadi jenis kelamin laki-laki dan perempuan
2. Variabel terikat adalah kapasitas aerobik dan anaerobik

4. Definisi Operasional

Dalam penelitian ini terdapat beberapa istilah yang akan dibatasi pengertiannya. Istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut di bawah ini:

a. Kapasitas Aerobik

Kapasitas aerobik adalah jumlah oksigen yang mampu diambil, diedarkan, dan digunakan oleh tubuh seseorang secara maksimal per satuan waktu (Thoden, J.S., MacDougal, J.D., Wilson, B.A., 1982). Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan kapasitas aerobik adalah kemampuan tubuh dalam mengambil, mengedarkan, dan menggunakan oksigen per satuan waktu selama tubuh melakukan kerja submaksimal hingga kelelahan.

b. Kapasitas Anaerobik

Yang dimaksud dengan kapasitas anaerobik dalam penelitian ini adalah kemampuan tubuh dalam melakukan kerja pada intensitas tinggi dengan menggunakan sistem energi *alactic anaerobic* dan *lactacid anaerobic*.

c. Anak Usia Dini

Anak usia dini adalah anak usia sekolah jenis kelamin perempuan dan laki-laki dengan usia 10 tahun.

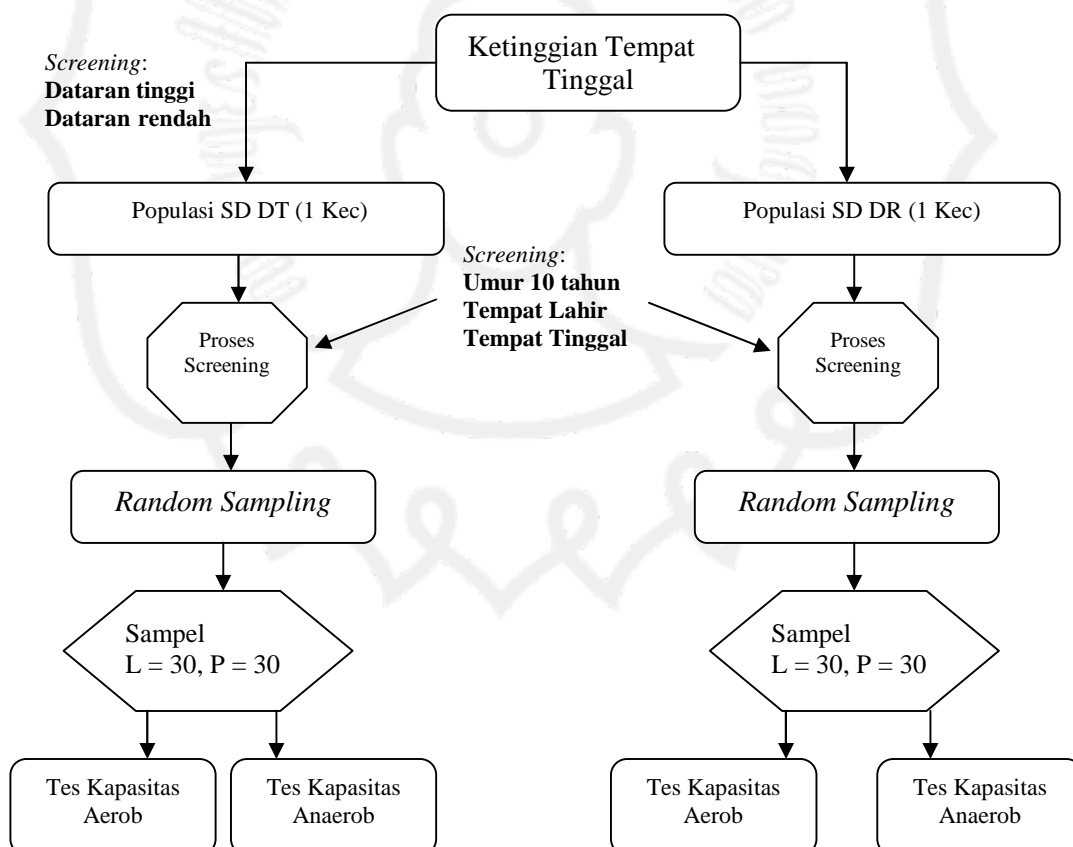
d. Ketinggian Wilayah

Ketinggian adalah jarak vertikal suatu titik pada wilayah tertentu di permukaan bumi yang diukur dari permukaan laut sebagai titik awalnya atau titik 0 meter.

e. Tempat Tinggal

Dalam penelitian ini tempat tinggal adalah suatu daerah atau wilayah dengan luas tertentu yang dihuni oleh beberapa keluarga atau orang dan telah menetap di daerah tersebut sejak lahir.

5. Kerangka Operasional Penelitian



C. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini terdiri dari dua wilayah yaitu dataran tinggi dan dataran rendah. Untuk dataran tinggi adalah siswa SD di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Dipilihnya sekolah di daerah ini, karena wilayah tersebut memiliki ketinggian 1200 - 3000 m DPL (www.batu.go.id). Sedangkan populasi pada dataran rendah adalah siswa SD di kecamatan Panceng daerah Kab Gresik. Sebagaimana di dataran tinggi, dipilihnya tempat tersebut karena rata-rata ketinggian daerah tersebut kurang dar 15 m DPL.

2. Sampel

Sampel dalam penelitian ini diperoleh dengan cara teknik penentuan sampel *purposive random sampling* (Suryabrata, 2003 : 35). Dengan jumlah dataran rendah 60 siswa yang terdiri 30 wanita dan 30 pria, sedangkan dataran tinggi juga 60 siswa yang terdiri 30 wanita dan 30 pria. Umur kronologis semua subjek adalah 10 tahun, karena pada umur ini status kematangan antara laki-laki dan wanita hampir sama, dan dengan demikian karakteristik ototnya juga hampir sama (Petersen, Gaul, Stanton and Hanstock, 1999).

D. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh adalah data kuantitatif. Pengumpulan data diperoleh dengan menggunakan teknik Tes dan Pengukuran kecuai data umur anak diperoleh dari data sekunder berupa data umur siswa pada masing-masing sekolah dimana anak tersebut sekolah. Usia anak yang tercatat disekolah merupakan usia yang telah sesuai dengan yang tertera pada akta kelahiran masing-masing anak saat anak tersebut mendaftar di sekolahannya. Sedangkan instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data lainnya adalah

1. Tes Multi Stage Fitness Test (MSFT).

Alat:

- 1) Pita candence untuk lari bolak-balik
- 2) Lintasan lari
- 3) Mesin pemutar CD (VCD Player)
- 4) Jarak yang bermarka 20 meter pada permukaan yang datar, rata dan tidak licin.
- 5) stopwatch
- 6) Kerucut Pembatas atau patok 4
- 7) Formulir

Tujuan :

Tes ini dapat digunakan untuk mengukur kapasitas aerob pada anak-anak usia 10 tahun (A Aandstad, dkk., 2006).

Pelaksanaan:

- 1) Ceklah kecepatan mesin pemutar kaset dengan menggunakan periode kalibrasi satu menit dan sesuaikan jarak lari bilamana perlu (telah dijelaskan di dalam pita rekaman dan di dalam manual pitanya)
- 2) Ukurlah jarak 20 meter tersebut dan berilah tanda dengan pita dan pembatas jarak. Jalannya pita cadencenya.
- 3) Instruksikan kepada testi untuk lari ke arah ujung/akhir yang berlawanan dan sentuhkan satu kaki di belakang garis batas pada saat terdengar bunyi “tuut”.
- 4) Apabila testi telah sampai sebelum bunyi “tuut”, testi harus bertumpu pada titik putar, menanti tanda bunyi, kemudian lari ke arah garis yang berlawan agar supaya dapat mencapai tepat pada saat tanda berikutnya berbunyi.
- 5) Pada akhir dari tiap menit interval waktu di antara dua bunyi “tuut” makin pendek, oleh karena itu, kecepatan lari makin bertambah cepat.
- 6) Testi harus dapat mencapai garis ujung pada waktu yang ditentukan dan tidak terlambat. Tekankan kepada testi agar berputar dan lari kembali, bukannya lari membuat belokan melengkung, karena akan memakan lebih banyak waktu.
- 7) Tiap testi terus berlari selama mungkin sehingga testi tidak dapat lagi mengejar tanda bunyi “tuut” dari pita rekaman. Kriteria untuk menghentikan testi adalah apabila testi tertinggal tanda bunyi “tuut” dua kali lebih dari dua langkah di belakang garis ujung.

Penilaian:

Catatlah level dan *shuttle* terakhir yang dapat dilakukan atau diselesaikan testi lalu dikonversikan kedalam tabel untuk dapat diketahui prediksi kapasitas aerobnya

atau dimasukkan ke dalam kalkulator online untuk prediksi $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ pada web dengan alamat www.brianmac.co.uk.

2. Tes Lari 50 Yard Dash.

Tujuan:

Untuk mengukur prediksi kapasitas anaerobik anak usia 10 tahun (Niesen-Vertommen, S., dkk., 1995).

Alat:

- 1) Pita candence untuk lari bolak-balik
- 2) Lintasan lari
- 3) Jarak yang bermarka 50 yard (45,7) meter pada permukaan yang datar, rata dan tidak licin.
- 4) stopwatch
- 5) Kerucut Pembatas atau patok 4
- 6) Formulir

Pelaksanaan:

- 1) Subjek berdiri tepat di belakang garis start dengan posisi berdiri dan siap untuk berlari
- 2) Asisten pada garis start memberi aba-aba "Siap" "Ya", bersamaan dengan aba-aba ya, asisten penghitung waktu menekan tombol start pada stopwatch
- 3) Subjek berlari menuju garis finish yang berjarak 50 yard, dan berusaha secara maksimal agar waktu yang dibutuhkan untuk mencapai garis finis sesingkat mungkin.

- 4) Ketika subjek sampai pada garis finish, maka asisten pencatat waktu menghentikan stopwatch penanda waktu lari subjek telah direkam.

Penilaian:

Waktu lari yang diperoleh masing-masing subjek merepresentasikan kapasitas anaerobik dari subjek tersebut (Widodo, 2004). Dan untuk mengetahui skor kapasitas anaerobik anak, waktu yang telah direkam tersebut dimasukkan ke dalam kalkulator online di website www.eXrX.net/FitnessTesting/Youth/Html.

3. Tes Tinggi Badan dan Berat Badan

Tujuan:

Untuk mengetahui tinggi badan dengan pengukuran dilakukan pada posisi subjek berdiri, dan mengukur berat badan subjek.

Alat:

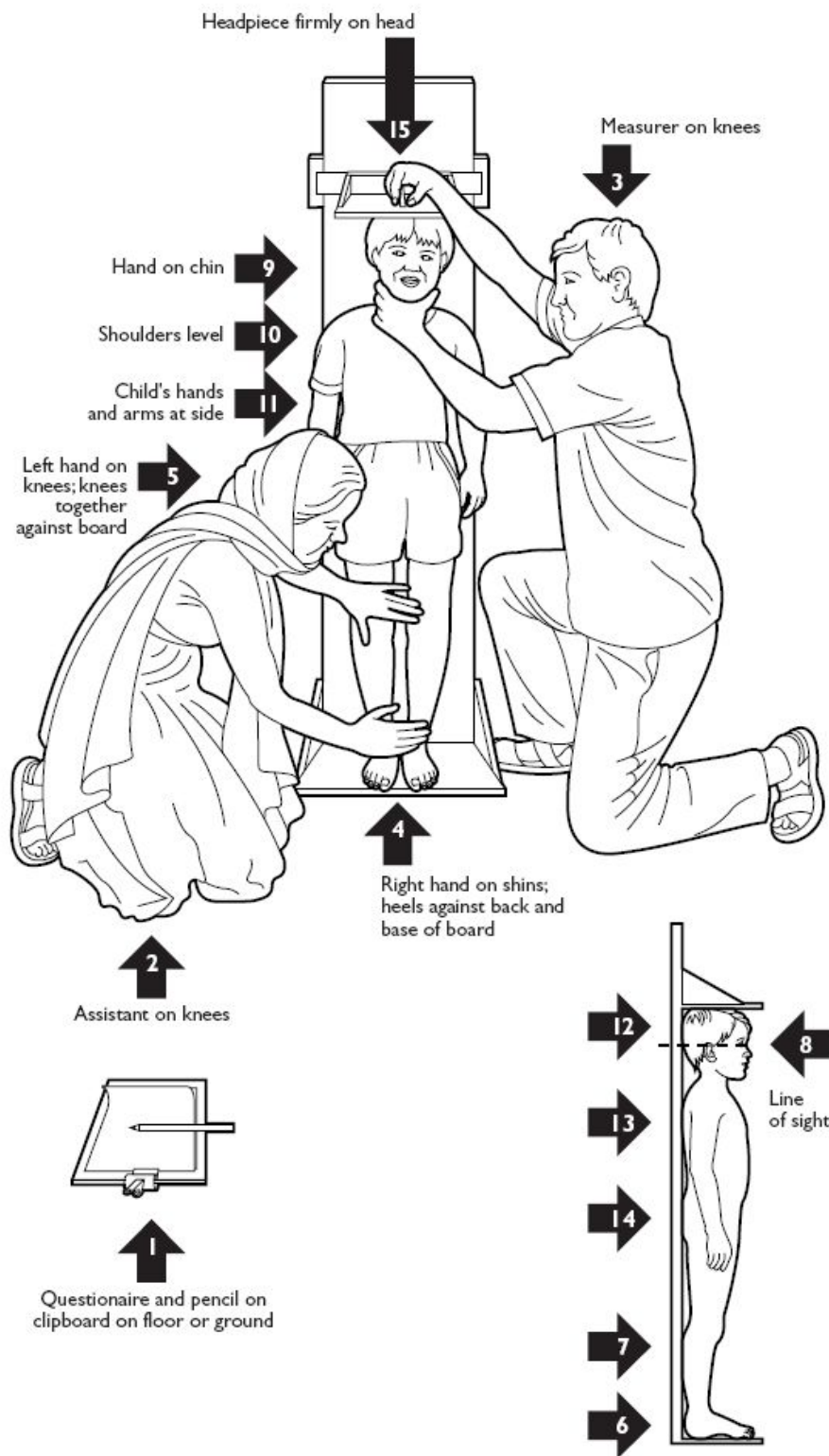
- 1) 1 Stature and Weighing Scale (stadiometer)
- 2) Formulir
- 3) 2 asisten

Pelaksanaan:

Pengukuran jenis ini dapat mengharuskan subjek untuk berdiri tegak dengan kaki telanjang atau hanya menggunakan kaus kaki tipis sehingga posisi dari tubuh dapat diamati dengan jelas. Subjek harus berdiri diatas permukaan yang datar dan tegak lurus dengan papan ukur stadiometer. Berat dari subjek harus terbagi secara rata ke dua kaki dan kepala harus dalam kondisi tegak mengarah ke depan. Lengan subjek berada disamping tubuh subjek dalam keadaan bebas dengan

telapak tangan menghadap ke arah paha subjek. Kedua tumit subjek harus saling bersentuhan dan keduanya menyentuh papan stadiometer serta kedua kaki membentuk sudut 60° . Jika kaki sedang mengalami cedera maka kedua tumit tidak perlu saling bersentuhan akan tetapi kedua lutut saling bersentuhan. Kemudian *scapulae* dan bokong menyentuh papan stadiometer.

Setelah itu subjek diminta untuk menarik nafas dalam-dalam dan dalam keadaan menahan nafas tinggi badan dan berat badan diukur. Ketika dilakukan pengukuran posisi tidak boleh berubah dan kepala diharuskan untuk tegak dan tidak bergerak-gerak. Pengukuran tinggi badan cocok dengan subjek yang mampu berdiri tegak dengan baik sehingga pengukuran tinggi badan para balita (2 – 3 tahun) biasanya menggunakan teknik lain. Pada pengukuran *stature* sangat disarankan untuk dilakukan oleh dua orang dimana satu orang bertugas mengukur tinggi badan subjek dan yang lain bertugas untuk mengamati apakah ketika melakukan pengukuran posisi subjek bergerak atau berubah.



Gambar 3. Pengukuran Tinggi Badan Dan Berat Badan (Cogill, 2001)

4. Tes Pesentase Lemak Tubuh dengan 2 sisi ketebalan lemak tubuh (triceps dan betis)

Tujuan:

Untuk mengetahui besarnya jumlah persentase lemak tubuh anak usia 10 tahun (Meksis, Bodganis, dan Maridaki, 2000)

Alat:

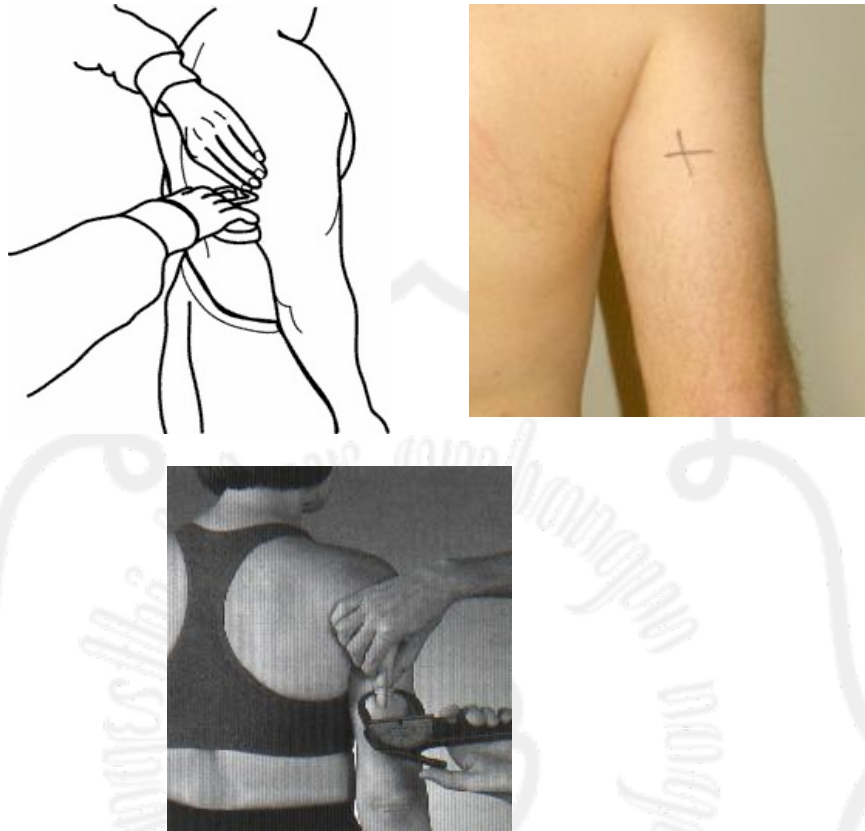
- 1) Skinfold Caliper
- 2) Spidol
- 3) Formulir
- 4) 2 asisten

Pelaksanaan:

a. Bagian Triceps

Lipatan kulit tricep diukur dengan menarik garis tengah dari pangkal lengan sampai ke titik tengah siku. Pengukuran dilakukan dengan posisi siku ditekuk 90°. Pita ditempatkan dengan posisi angka nol di acromion dan ditarik sepanjang lengan atas sampai ke siku bagian bawah.

Subyek diukur dalam posisi berdiri kecuali untuk bayi dan orang cacat. Lipatan kulit diukur dengan lengan menggantung lepas dan nyaman bagi subyek. Kaliper dipegang dengan tangan kanan. Petugas pengukur berdiri di belakang subyek dan menempatkan telapak tangan kiri di lengan subyek. Lipatan kulit tricep dicubit dengan ibu jari dan jari telunjuk kiri, kira-kira 1 cm dan pita kaliper diletakkan di lipatan kulit.



Gambar 4. Pelaksanaan Pengukuran Ketebalan Lipatan Kulit Pada Bagian Triceps
(Tim Kemegpora, 2008)

c. Bagian Betis

Dalam pengukuran lipatan kulit betis tengah, subyek duduk dengan lutut ditekuk sekitar 90° , dengan telapak kaki di lantai. Alternatif bagi subyek yang berdiri adalah kaki di atas podium atau kotak sehingga lutut dan pinggul ditekuk 90° . Dari posisi di depan subyek, petugas pengukur dapat meraih lipatan kulit yang sejajar dengan panjang poros betis bagian tengah. Ketebalatan lipatan kulit diukur dari yang terdekat dari 0.1 cm



Gambar 5. Pelaksanaan Pengukuran Ketebalan Lipatan Kulit pada Bagian Betis (Tim Kemegpora, 2008)

Penilaian:

Setelah ketebalan lipatan kulit pada kedua sisi bagian tubuh yaitu triceps dan betis sudah didapat, kemudian untuk mengetahui persentase lemak tubuh dari subjek, ukuran-ukuran ketebalan tersebut dimasukkan ke dalam kalkulator penghitung persentase lemak tubuh online dihalaman web www.eXrX.net/FitnessTesting/BodyComposition/Html

Di dalam pengukuran kapasitas aerobik dengan menggunakan *Multi Stage Fitness Test* (MFST) validita pengukuran dipengaruhi oleh kebenaran dalam pelaksanaan prosedur pelaksanaan tes yang sudah terstandar. Sehingga dalam hal ini, bisa dikatakan bahwa "*face validity*" bisa diterima. Bahkan pada anak usia 9-10 tahun yang dilakukan pengukuran kapasitas aerobik dengan MFST dibandingkan dengan pengukuran langsung di Laboratorium, tidak terdapat perbedaan hasil yang berarti dengan demikian pengukuran kapasitas aerob dengan MSFT sama dengan pengukuran kapasitas aerob secara langsung di Laboratorium (A Aandstad, dkk., 2006; Meksis, Bodganis, dan Maridaki, 2000). Demikian juga dengan pengukuran kapasitas anaerob

yang validitanya bergantung pada kebenaran pelaksanaan prosedur yang sudah terstandar, dan tes 50 yard tersebut telah diteliti dan dinyatakan valid untuk mengukur kapasitas anaerobik anak usia 10 tahun (Niesen-Vertommen, S., dkk., 1995; Widodo, 2004). Sedangkan pengukuran tinggi badan, berat badan dan ketebalan lemak kulit yang diukur dengan alat yang standar maka validitanya juga dapat diandalkan.

Walaupun kesulitan tes yang dilakukan pada anak-anak sering mengalami banyak kendala terutama berkaitan dengan motivasi dan keseriusan anak-anak dalam melakukan tes, tetapi kesulitan-kesulitan tersebut dapat diminimalisir dengan memberikan pengertian dan penjelasan tentang prosedur pelaksanaan tes kepada anak. Selain itu, diberikan kesempatan mencoba kepada anak-anak yang belum pernah memiliki pengalaman melaksanakan tes tersebut (Kirkendal, dkk., 1987). Tetapi dalam penelitian ini semua subjek telah memiliki pengalaman melakukan tes MFST. Untuk mengetahui bahwa subjek telah melakukan tes secara maksimal, dilakukan pengukuran *heart rate* 5 detik setelah subjek berhenti untuk tidak melanjutkan tes dengan menggunakan alat pemonitor *heart rate* (Polar Electro, Kempele, Finland), dan salah satu kriteria dari tes $\dot{V}O_2$ Max dikatakan berhasil jika adalah denyut nadi setelah melakukan tes lebih dari atau sama dengan 85% *maximal heart rate* (Mitchell, J. Rosen, dkk., 1998). Dengan demikian, jika rata-rata usia subjek adalah 10 tahun, maka dapat dikatakan telah melakukan test secara maksimal jika denyut nadi subjek sebesar 178,5 - 210 detak/menit. Namun, menurut Katch dan McArdle dikutip Harsono (1988) untuk mengurangi resiko dalam pelaksanaan tes yang dilakukan pada anak-anak, tes kapasitas aerob dapat dilaksanakan pada intensitas submaksimal artinya lebih dari atau sama dengan 70% *maximal heart rate*. Sedangkan untuk pengukuran tinggi badan,

berat badan dan ketebalan lipatan kulit (persentase lemak), dengan digunakannya alat ukur standard dan tenaga pengambil data yang terlatih maka hasil yang diperoleh bisa diandalkan dan konsisten.

4. Hasil Uji Reliabilita

Walaupun tes kapasitas anaerob yaitu 50 yard dash untuk tes yang dilakukan pada anak-anak, dengan metode tes ulang dalam hari yang sama telah diketahui reliabilitanya sebesar R 0.97 (Niesen-Vertommen, S., dkk., 1995). Tetapi karena subjek dalam penelitian tersebut berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti, maka dilakukan uji ulang reliabilitanya datanya. Uji reliabilita bertujuan untuk mengetahui tingkat keajegan hasil tes. Hasil uji reliabilita data kemudian dikategorikan, dengan menggunakan pedoman tabel koefisien korelasi dari Book Walter yang dikutip Mulyono B. (2000:22), yaitu :

Tabel 9. Range Kategori Reliabilitas

Kategori	Reliabilita
Baik Sekali	0,90 – 1,00
Baik	0,80 – 0,89
Cukup	0,60 – 0,79
Kurang	0,40 – 0,59
Tidak Signifikan	0,00 – 0,39

Adapun hasil uji reliabilita data kapasitas anaerobik pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 10. Ringkasan Hasil Uji Reliabilitas Data

Kelompok	Reliabilita	Kategori
----------	-------------	----------

1. Anak laki-laki dari wilayah dataran tinggi	0,97	Baik Sekali
2. Anak laki-laki dari wilayah dataran rendah	0,93	Baik Sekali
3. Anak perempuan dari wilayah dataran tinggi	0,86	Baik
4. Anak perempuan dari wilayah dataran rendah	0,94	Baik Sekali

E. Teknik Analisis data

Selain Mean dan SD untuk mendeskripsikan tinggi badan, berat badan, dan persentase lemak tubuh, juga digunakan teknik analisis data untuk pengujian hipotesis penelitian, yaitu dengan teknik analisis varian (ANOVA) rancangan faktorial 2 x 2 pada $\alpha = 0.05$. Jika nilai F yang diperoleh (F_o) signifikan analisis dilanjutkan dengan uji rentang newman-keuls (Sudjana, 2004:36). Untuk memenuhi asumsi dalam teknik anava, maka dilakukan uji normalitas (Uji lilliefors) dan uji Homogenitas Varians (dengan uji Bartlet) (Sudjana, 1999:261-264). Urutan langkah-langkah analisis data penelitian ini adalah:

1. Mencari Reliabilitas

Uji reliabilitas data menggunakan teknik *intraclass correlation* dari Baumgartner, T.A. & Jackson, A.S. (1998:118-199). Langkah-langkah penghitungan reliabilitas dengan *intraclass correlation* sebagai berikut:

1) Mencari nilai ΣX , ΣX^2 , $\frac{\Sigma (T_i)^2}{k}$, $\frac{\Sigma (T_j)^2}{n}$

2) Menghitung SS_T , SS_S , SS_t dan SS_I dengan rumus:

$$SS_T = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}$$

$$SS_s = \frac{\sum(T_i)^2}{k} - \frac{(\sum X)^2}{nk}$$

$$SS_t = \frac{\sum(T_j)^2}{n} - \frac{(\sum X)^2}{nk}$$

$$SS_I = \sum X^2 + \frac{(\sum X)^2}{nk} - \frac{\sum(T_i)^2}{k} - \frac{\sum(T_j)^2}{n}$$

3) Hasil-hasil penghitungan diringkas dalam tabel anava:

Tabel 11. Ringkasan Anava Untuk Uji Reliabilitas

Sumber Variasi	df	SS	MS
Di antara Subyek	n - 1	SS _s	SS _s /df _s
Di antara Trial	k - 1	SS _t	SS _t /df _t
Interaksi	(n-1)(k-1)	SS _I	SS _I /df _I
Total	nk - 1	SS _T	SS _T /df _T

4) Mencari reliabilita dengan rumus:

$$R = \frac{MS_s - MS_w}{MS_s}$$

$$MS_w = \frac{SS_t + SS_I}{df_t + df_I}$$

Keterangan :

- R = Koefisien reliabilitas
- SS_s = Jumlah dalam kelompok
- SS_w = Jumlah antar kelompok
- MS_s = Rata-rata dalam kelompok

MS_w = Rata-rata antar kelompok
 df = Derajat bebas

2. Pengujian Prasyarat Analisis

Sebelum dilakukan analisis data dilakukan uji prasyarat analisis yaitu uji normalitas (Uji Lilliefors) dan uji Homogenitas Varians (dengan uji Bartlet). Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan dalam penelitian berasal dari sampel berdistribusi normal atau tidak. Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah variansi pada tiap-tiap kelompok homogen atau tidak.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas data penelitian ini menggunakan metode Lilliefors (Sudjana, 1999:466). Adapun prosedur pengujian normalitas tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Pengamatan x_1, x_2, \dots, x_n dijadikan bilangan baku z_1, z_2, \dots, z_n dengan menggunakan rumus :

$$z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{s}$$

Keterangan :

\bar{X} = Rata-rata

X_i = Nilai variabel

s = Simpangan baku.

- 2) Untuk tiap bilangan baku ini dan menggunakan daftar distribusi normal baku, kemudian dihitung peluang $F(z_i) = P(z \leq z_i)$.

- 3) Selanjutnya dihitung proporsi z_1, z_2, \dots, z_n yang lebih kecil atau sama dengan z_i .

Jika proporsi dinyatakan oleh $S(z_i)$,

$$\text{maka } S(z_i) = \frac{\text{banyaknya } z_1, z_2, \dots, z_n \text{ yang } \leq z_i}{n}$$

- 4) Hitung selisih $F(z_i) - S(z_i)$ kemudian ditentukan harga mutlaknya.
 5) Ambil harga yang paling besar di antara harga-harga mutlak selisih tersebut. Harga terbesar ini merupakan L_{hitung} .

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan uji Bartlet. Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut :

- 1) Membuat tabel perhitungan yang terdiri dari kolom-kolom kelompok sampel; dk ($n-1$); $1/dk$; SD_i^2 , dan $(dk) \log SD_i^2$.
 2) Menghitung varians gabungan dari semua sampel.

$$\text{Rumusnya : } SD^2 = \frac{(n-1)SD_i^2 \dots \dots \dots 1}{(n-1)}$$

$$B = \text{Log } SD_i^2(n-1)$$

- 3) Menghitung χ^2

$$\text{Rumusnya : } \chi^2 = (\text{Ln}) B - (n-1) \text{Log } SD_i^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{dengan } (\text{Ln } 10) = 2,3026$$

Hasilnya (χ^2_{hitung}) kemudian dibandingkan dengan χ^2_{tabel} , pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan $dk (n-1)$.

4) Apabila $\chi^2_{hitung} < \chi^2_{tabel}$, maka H_0 diterima.

Artinya varians sampel bersifat homogen. Sebaliknya apabila $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$, maka H_0 ditolak. Artinya varians sampel bersifat tidak homogen.

3. Uji Hipotesis

a. Anava Rancangan Faktorial 2 x 2

1) Metode AB untuk Perhitungan Anava Dua Faktor

Tabel 12. Ringkasan Anava Untuk Eksperimen Faktorial 2 x 2

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F _o
Rata-rata Perlakuan	1	R _y	R	
A	a - 1	A _y	A	A/B
B	b - 1	B _y	B	B/E
AB	(a-1)(b-1)	AB _y	AB	AB/E
Kekeliruan	ab(n - 1)	E _y	E	

Keterangan :

A = Taraf faktorial A

B = Taraf faktorial B

n = Jumlah sampel

2) Kriteria Pengujian Hipotesis

Jika $F \geq F(1 - \alpha) (V_1 - V_2)$, maka hipotesis nol ditolak

Jika $F < F(1 - \alpha) (V_1 - V_2)$, maka hipotesis nol diterima

Dengan : dk pembilang V_1 (k - 1) dan dk penyebut $V_2 = (n_1 + \dots + n_k - k)$, $\alpha =$ taraf signifikansi untuk pengujian hipotesis.

b. Uji Rentang Newman-Keuls Setelah Anava

Menurut Sudjana (2004:36) langkah-langkah untuk melakukan Uji Newman-Keuls adalah sebagai berikut :

- 1) Susun k buah rata-rata perlakuan menurut urutan nilainya, dan yang paling kecil sampai kepada yang terbesar.
- 2) Dari rangkaian ANAVA, diambil harga RJK_e disertai dk-nya.
- 3) Hitung kekeliruan buku rata-rata untuk tiap perlakuan dengan rumus :

$$S_y = \frac{RJK_e(\text{kekeliruan})}{n}$$

RJK (kekeliruan) juga didapat dari hasil rangkuman ANAVA.

- 4) Tentukan taraf signifikansi α , lalu gunakan daftar rentang student. Untuk uji Newman-Keuls, diambil $v = dk$ dari RJK (kekeliruan) dan $p = 2, 3, \dots, k$. harga-harga yang didapat dari badan daftar sebanyak $(k-1)$ untuk v dan p supaya dicatat.
- 5) Kalikan harga-harga yang didapat di titik ... Di atas masing-masing dengan S_y , dengan jalan demikian diperoleh apa yang dinamakan rentang signifikan terkecil (RST).
- 6) Bandingkan selisih rata-rata terkecil dengan RST untuk mencari p-k selisih rata-rata terbesar dan rata-rata terkecil kedua dengan RST untuk $p = (k-1)$, dan seterusnya. Demikian halnya perbandingan selisih rata-rata terbesar kedua rata-rata terkecil dengan RST untuk $p = (k-1)$, selisih rata-rata terbesar kedua dan rata-rata terkecil kedua dengan RST untuk $p = (k-2)$, dan seterusnya. Dengan jalan begini, semuanya akan ada $\frac{1}{2} k (k-1)$ pasangan yang harus dibandingkan. Jika selisih-selisih yang didapat lebih besar dari pada RST-nya masing-masing maka

disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikansi di antara rata-rata perlakuan.



BAB IV

HASIL PENELITIAN

Setelah dilakukan proses pengolahan data hasil penelitian, maka dalam bab ini disajikan mengenai hasil penelitian beserta interpretasinya dan pembahasan dari hasil pengolahan datanya. Penyajian hasil penelitian adalah berdasarkan analisis statistik deskriptif dan kemudian pengujian hipotesis dengan teknik statistik ANAVA yang dilakukan pada hasil tes kapasitas anaerobik dan kapasitas aerobik. Berturut-turut berikut disajikan mengenai deskripsi data, uji persyaratan analisis, pengujian hipotesis dan pembahasan hasil penelitian.

Deskripsi Data

Proses pengumpulan data yang dilakukan pada wilayah dataran tinggi di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu dan dataran rendah di Kecamatan Panceng, Kabupaten Gresik diperoleh data kapasitas aerobik dan anaerobik yang merupakan hasil dari tes yang telah dilaksanakan oleh 60 anak dataran tinggi dan 60 anak dataran rendah. Masing-masing wilayah terdiri dari 30 anak laki-laki dan 30 anak perempuan dengan usia rata-rata 10 tahun. Sesuai dengan variabel yang akan diteliti, data yang dikumpulkan meliputi data kapasitas aerob dan kapasitas anaerob. Namun demikian untuk membantu dalam mendukung pembahasan hasil, juga dilakukan pengukuran terhadap usia, tinggi badan, berat badan, dan persentase lemak tubuh. Berikut ini adalah hasil analisis deskriptif data usia, tinggi, badan, berat badan, dan persentase lemak tubuh untuk masing-masing wilayah.

1. Deskripsi Data Usia, Tinggi Badan dan Berat Badan Berdasarkan Jenis Kelamin pada Masing-masing Wilayah

Data ukuran usia, tinggi badan dan berat badan anak-anak baik wilayah dataran tinggi maupun dataran rendah secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Sebagai gambaran analisa deskriptif data tersebut menghasilkan nilai-nilai dalam tabel sebagaimana berikut ini.

Tabel 13. Sebaran dan Rerata Ukuran Usia, Tinggi Badan Dan Berat Badan Pada Masing-Masing Kelompok.

Kelamin	Ketinggian	Variabel	N	Min	Maks	Rerata	SD
Laki-Laki	Dataran Tinggi	Tinggi Badan	30	115.00	136.00	127.0333	5.04793
		Berat Badan	30	20.00	39.00	25.1000	3.91593
		Usia	30	108.00	120.00	115.0000	2.98271
	Dataran Rendah	Tinggi Badan	30	120.00	142.00	128.4000	5.26930
		Berat Badan	30	20.00	34.00	25.2667	3.58092
		Usia	30	111.00	120.00	115.7667	2.56882
Perempuan	Dataran Tinggi	Tinggi Badan	30	118.00	137.00	129.0000	5.12600
		Berat Badan	30	20.00	37.00	26.5000	4.48561
		Usia	30	108.00	120.00	113.6000	3.13600
	Dataran Rendah	Tinggi Badan	30	119.00	142.00	131.0667	5.94186
		Berat Badan	30	20.00	44.00	26.4000	5.59926
		Usia	30	109.00	120.00	114.9667	3.01128
		Valid N (listwise)	30				

Keterangan:

Usia dalam bulan

Tinggi Badan dalam Centimeter (cm)

Berat Badan dalam Kilogram (Kg)

Hal-hal yang menarik dari angka-angka dalam tabel tersebut di atas, adalah bahwa secara rata-rata tinggi badan anak laki-laki dataran tinggi 127,03 cm lebih pendek dari pada anak laki-laki dataran rendah 128,4 cm. Kondisi seperti itu juga

ditemukan pada rerata berat badan anak laki-laki wilayah tinggi sedikit lebih ringan 25,1 kg dibanding dengan yang di wilayah rendah 25,267. Demikian juga dengan tinggi badan anak perempuan wilayah dataran tinggi 129 cm lebih pendek dari pada anak perempuan wilayah dataran rendah 131.067, namun untuk rerata berat badan anak perempuan wilayah dataran tinggi sedikit lebih berat dibandingkan dibandingkan berat badan anak perempuan wilayah rendah yaitu 26,5 kg dengan 26,4 kg. Sedangkan rerata usia anak laki-laki pada dataran tinggi relatif sama dengan usia anak di wilayah dataran rendah yaitu 115 bulan. Sedangkan rerata usia pada anak perempuan pada wilayah dataran tinggi sedikit lebih muda 113,6 bulan dibanding 114, 967 bulan.

2. Deskripsi Data Persentase Lemak Tubuh Berdasarkan Jenis Kelamin pada Masing-masing Wilayah

Data ukuran persentase lemak tubuh pada masing-masing kelompok lebih lengkap dapat di lihat dalam lampiran. Sebagai gambaran, hasil analisis deskriptif data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 14. Sebaran dan Rerata Persentase Lemak Tubuh Pada Masing-Masing Kelompok.

		N	Min	Maks	Rerata	SD
Laki-Laki	Dataran Tinggi	30	5.41	14.97	8.5463	1.96777
	Dataran Rendah	30	6.88	17.91	10.4337	2.35032
Perempuan	Dataran Tinggi	30	9.98	16.69	12.3793	1.55259
	Dataran Rendah	30	9.98	17.30	12.8267	2.05357
	Valid N (listwise)	30				

Berdasarkan nilai-nilai yang terdapat dalam tabel di atas, dapat diketahui bahwa anak laki-laki pada dataran tinggi lebih memiliki persentase lemak tubuh yang lebih sedikit 8.5463 dibandingkan dengan kelompok anak laki-laki pada wilayah dataran rendah 10.4337. demikian juga dengan anak perempuan pada wilayah dataran tinggi juga, rerata persentase lemak tubuh lebih kecil dibandingkan dengan yang di wilayah dataran rendah yaitu 12.3793 dengan 12.8267, walaupun perbedaan tersebut terlihat kecil.

3. Dekripsi Data Kapasitas Aerobik

Analisis deskriptif yang dilakukan pada data hasil tes kapasitas aerobik pada masing-masing kelompok baik laki-laki maupun perempuan pada kedua wilayah tempat tinggal diketahui sebagai berikut pada tabel.

Tabel 15. Deskripsi Data Hasil Tes Kapasitas Aerobik Tiap Kelompok Berdasarkan Wilayah dan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Statistik	Wilayah		
		Dataran Tinggi	Dataran Rendah	Total
Laki-Laki	N	30	30	60
	ΣY	804.23	757.44	1561.67
	ΣY^2	21772.6077	19294.7660	41067.3737
	Mean	26.808	25.248	26.028
Perempuan	N	30	30	60
	ΣY	703.75	689.93	1393.68
	ΣY^2	16591.8829	15986.0695	32577.9524
	Mean	23.458	22.998	23.228
Total	N	60	60	120
	ΣY	1507.98	1447.37	2955.35
	ΣY^2	38364.4906	35280.8355	73645.3261
	Mean	25.133	24.123	24.628

Berdasarkan tabel tersebut di atas, dapat diketahui bahwa masing-masing kelompok mendapatkan rerata hasil ukuran kapasitas aerobik yang berbeda-beda. Pada kelompok anak laki-laki diketahui perbedaan rerata kapasitas aerobik dengan ukuran kapasitas aerobik kelompok anak pada wilayah dataran tinggi lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok anak-anak laki-laki yang berada di wilayah dataran rendah yaitu 26.808 ml/kg/menit dibanding 25.248 ml/kg/menit. Perbedaan ini juga terjadi pada kelompok perempuan dimana antara kelompok anak perempuan di wilayah dataran tinggi memiliki rerata kapasitas aerob yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok anak-anak perempuan di wilayah dataran rendah yaitu 23.458 ml/kg/menit dibanding 22.998 ml/kg/menit.

Merujuk pada data yang telah dikelompokkan sebagaimana terbaca pada lampiran, maka nilai kapasitas aerobik masing-masing sel (kelompok) memiliki hasil yang berbeda tersebut dapat lebih jelas digambarkan dalam tabel berikut:

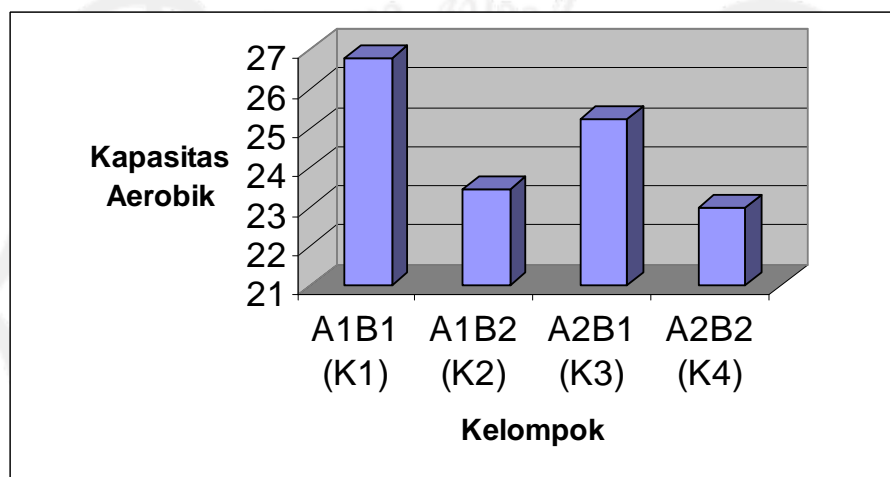
Tabel 16. Nilai Hasil Rerata Nilai Kapasitas Aerobik Masing-Masing Sel (Kelompok)

No	Kelompok (Sel)	Rerata Nilai Kapasitas Aerobik
1	A ₁ B ₁ (K ₁)	26.808
2	A ₁ B ₂ (K ₂)	23.458
3	A ₂ B ₁ (K ₃)	25.248
4	A ₂ B ₂ (K ₄)	22.998

Keterangan :

- K1 = Kelompok anak wilayah dataran tinggi dengan jenis kelamin laki-laki
 K2 = Kelompok anak wilayah dataran tinggi dengan jenis kelamin perempuan
 K3 = Kelompok anak wilayah dataran rendah dengan jenis kelamin laki-laki
 K4 = Kelompok anak wilayah dataran rendah dengan jenis kelamin perempuan

Untuk lebih jelasnya perbedaan rerata nilai kapasitas pada masing-masing kelompok berdasarkan wilayah dan jenis kelamin dapat dilihat pada histogram sebagai berikut:



Gambar 6. Histogram Nilai Rata-rata Kapasitas Aerobik Tiap Kelompok Berdasarkan Wilayah Dan Jenis Kelamin

Sedangkan perbandingan antar kelompok anak dataran tinggi dengan dataran rendah, maupun antar kelompok anak laki-laki dengan kelompok anak perempuan, lebih jelas akan disajikan pada tabel berikut ini.

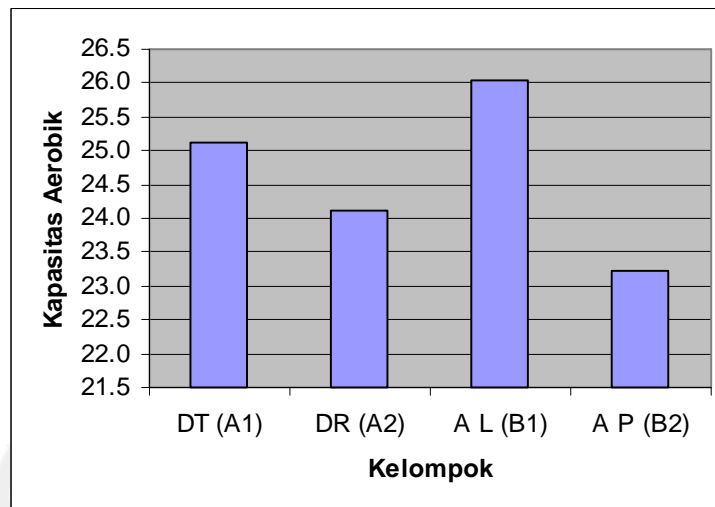
Tabel 17. Nilai Hasil Rerata dan SD Nilai Kapasitas Aerobik Tiap Sel (Kelompok)

No	Kelompok (Sel)	Rerata Nilai Kapasitas Aerobik	SD Nilai Kapasitas Aerobik
1	A ₁ (DT)	25.133	2.806
2	A ₂ (DR)	24.1228	2.491
Beda DT & DR		1.010	
3	B ₁ (AL)	26.0278	2.67
4	B ₂ (AP)	23.203	1.867
Beda AL & AP		2.825	

Berdasarkan tabel di atas, kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah memiliki kapasitas aerobik yang berbeda. Jika antara kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah dibandingkan, maka dapat diketahui bahwa kelompok dataran tinggi memiliki hasil kapasitas aerobik sebesar 1.010 yang lebih laki-laki dari pada kelompok anak wilayah dataran rendah.

Perbedaan jenis kelamin berpengaruh pada kapasitas aerobik. Jika antara kelompok anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki dan perempuan dibandingkan, maka dapat diketahui bahwa kelompok anak laki-laki memiliki rata-rata kapasitas aerobik sebesar 2.825 yang lebih baik dari pada kelompok anak perempuan.

Agar lebih jelas nilai rerata kapasitas aerobik yang dicapai tiap kelompok akan disajikan dalam bentuk histogram. Gambaran menyeluruh dari nilai rata-rata kapasitas aerobik pada setiap kelompok, dapat dibuat histogram perbandingan nilai-nilai sebagai berikut:



Gambar 7. Histogram Nilai Rata-Rata Hasil Tes Kapasitas Aerobik Tiap Kelompok

Keterangan:

DT = Kelompok anak wilayah dataran tinggi

DR = Kelompok anak wilayah dataran rendah

AL = Kelompok anak jenis kelamin laki-laki

AP = Kelompok anak jenis kelamin perempuan

4. Dekripsi Data Kapasitas Anaerobik

Analisis deskriptif yang dilakukan pada data hasil tes kapasitas anaerobik pada masing-masing kelompok baik laki-laki maupun perempuan pada kedua wilayah tempat tinggal diketahui sebagai berikut pada tabel:

Tabel 18. Deskripsi Data Hasil Tes Kapasitas Anaerobik Tiap Kelompok Berdasarkan Wilayah dan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Statistik	Wilayah		
		Dataran Tinggi	Dataran Rendah	Total
Laki-Laki	N	30	30	60
	ΣY	1536.00	1140.00	2676.00
	ΣY^2	85126.0000	52058.0000	137184.0000
	Mean	51.200	38.000	44.600
Perempuan	N	30	30	60
	ΣY	623.00	636.00	1259.00
	ΣY^2	16433.0000	18380.0000	34813.0000
	Mean	20.767	21.200	20.983
Total	N	60	60	120
	ΣY	2159.00	1776.00	3935.00
	ΣY^2	101559.0000	70438.0000	171997.0000
	Mean	35.983	29.600	32.792

Berdasar tabel di atas, pada kelompok anak laki-laki diketahui perbedaan rerata kapasitas anaerobik, dengan ukuran kapasitas anaerobik kelompok anak pada wilayah dataran tinggi lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok anak-anak laki-laki yang berada di wilayah dataran rendah yaitu 51,200 dibanding 38. Sebaliknya pada perbedaan yang terjadi pada kelompok perempuan dimana antara kelompok anak perempuan di wilayah dataran tinggi memiliki rerata kapasitas anaerobik yang sedikit lebih kecil dibandingkan dengan kelompok anak-anak perempuan di wilayah dataran rendah yaitu 20,767 dibanding 21,200.

Merujuk pada lampiran diketahui bahwa masing-masing sel (kelompok) memiliki hasil nilai kapasitas anaerobik yang berbeda. Nilai hasil kapasitas anaerobik masing-masing sel (kelompok) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 19. Nilai Hasil Nilai Kapasitas Anaerobik Masing-Masing Sel (Kelompok)

No	Kelompok (Sel)	Nilai Kapasitas Anaerobik
1	A ₁ B ₁ (K ₁)	51.200
2	A ₁ B ₂ (K ₂)	20.767
3	A ₂ B ₁ (K ₃)	38.000
4	A ₂ B ₂ (K ₄)	21.200

Keterangan :

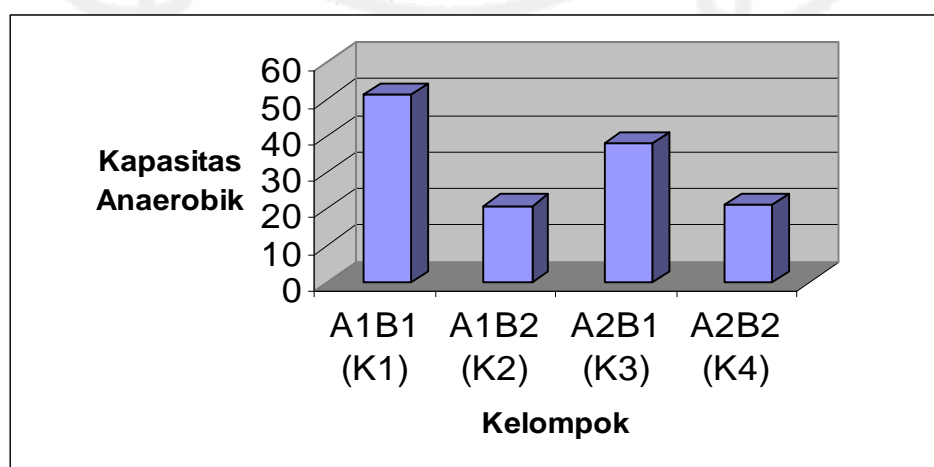
K1 = Kelompok anak wilayah dataran tinggi dengan jenis kelamin laki-laki

K2 = Kelompok anak wilayah dataran tinggi dengan jenis kelamin perempuan

K3 = Kelompok anak wilayah dataran rendah dengan jenis kelamin laki-laki

K4 = Kelompok anak wilayah dataran rendah dengan jenis kelamin perempuan

Untuk lebih jelasnya, Gambaran dari nilai kapasitas anaerobik pada masing-masing kelompok berdasarkan wilayah dan jenis kelamin dapat dilihat pada histogram sebagai berikut:



Gambar 8. Histogram Nilai Rata-rata Kapasitas Anaerobik Tiap Kelompok Berdasarkan Wilayah Dan Jenis Kelamin

Tabel 20. Hasil Rerata dan SD Nilai Kapasitas Anaerobik Masing-Masing Sel (Kelompok)

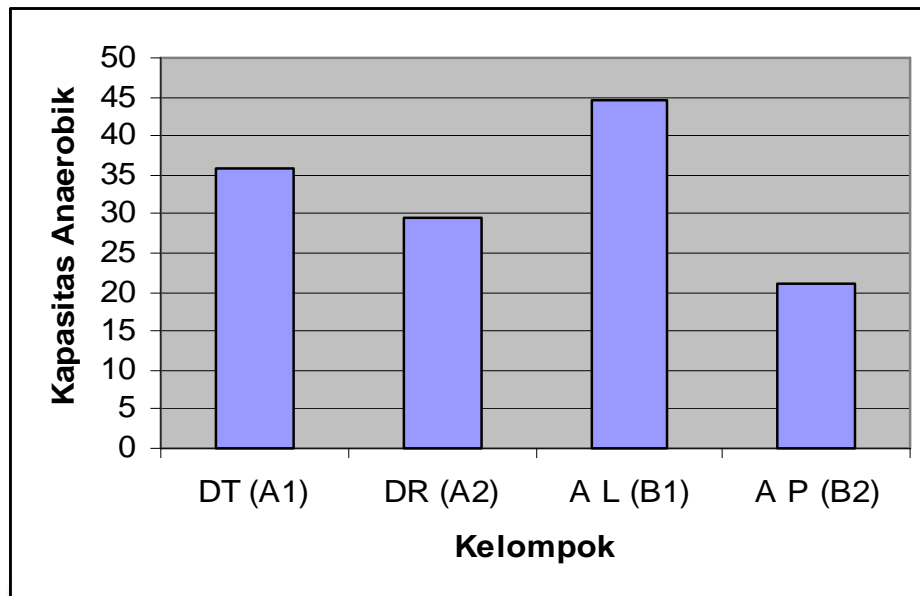
No	Kelompok (Sel)	Rerata Nilai Kapasitas Anaerobik	SD Nilai Kapasitas Anaerobik
1	A ₁ (DT)	35.983	20.115
2	A ₂ (DR)	29.6	17.403
Beda DT & DR		6.383333	
3	B ₁ (AL)	44.6	17.386
4	B ₂ (AP)	20.98333	11.928
Beda AL & AP		23.61667	

Berdasarkan tabel di atas diketahui juga bahwa kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah memiliki kapasitas anaerobik yang berbeda. Jika antara kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah dibandingkan, maka dapat diketahui bahwa kelompok dataran tinggi memiliki hasil kapasitas anaerobik sebesar 6.383 yang lebih laki-laki dari pada kelompok anak wilayah dataran rendah.

Demikian juga dibandingkan antara kelompok anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki dan perempuan, maka dapat diketahui bahwa kelompok anak laki-laki memiliki hasil kapasitas anaerobik sebesar 23.617 yang lebih baik dari pada kelompok anak perempuan.

Agar lebih jelas dalam membaca perbedaan antar kelompok sebagaimana pada tabel di atas akan disajikan dalam bentuk histogram. Sehingga gambaran

menyeluruh dari nilai rata-rata kapasitas anaerobik dapat lebih mudah di pahami, berikut ini maka dapat dibuat histogram perbandingan nilai-nilai sebagai berikut:



Gambar 9. Histogram Nilai Rata-Rata Hasil Tes Kapasitas Anaerobik Tiap Kelompok

Keterangan:

- DT = Kelompok anak wilayah dataran tinggi
- DR = Kelompok anak wilayah dataran rendah
- AL = Kelompok anak jenis kelamin laki-laki
- AP = Kelompok anak jenis kelamin perempuan

Pengujian Persyaratan Analisis

1. Uji Normalitas

Sebelum dilakukan analisis data perlu diuji distribusi kenormalannya. Uji normalitas data penelitian ini digunakan metode Lilliefors.

a. Uji Normalitas Data Kapasitas Aerobik

Hasil uji normalitas data kapasitas aerobik yang dilakukan pada tiap kelompok adalah sebagai berikut:

Tabel 21. Rangkuman Hasil Uji Normalitas Data Kapasitas Aerobik

Kelompok	N	M	SD	L_{hitung}	$L_{tabel 5\%}$	Kesimpulan
K ₁	30	26.808	2.711	0.1008	0.162	Berdistribusi Normal
K ₂	30	23.458	1.693	0.1300	0.162	Berdistribusi Normal
K ₃	30	25.248	2.428	0.1364	0.162	Berdistribusi Normal
K ₄	30	22.998	2.028	0.0844	0.162	Berdistribusi Normal

Dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K₁ diperoleh nilai $L_o = 0.1008$. Di mana nilai tersebut lebih kecil dari angka batas penolakan pada taraf signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K₁ termasuk berdistribusi normal. Dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K₂ diperoleh nilai $L_o = 0.1300$, yang ternyata lebih kecil dari angka batas penolakan hipotesis nol menggunakan signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K₂ termasuk berdistribusi normal.

Dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K_3 diperoleh nilai $L_o = 0.1364$. Di mana nilai tersebut lebih kecil dari angka batas penolakan menggunakan signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K_3 termasuk berdistribusi normal. Adapun dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K_4 diperoleh nilai $L_o = 0.0844$, yang ternyata juga lebih kecil dari angka batas penolakan hipotesis nol menggunakan signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K_4 juga termasuk berdistribusi normal.

b. Uji Normalitas Data Kapasitas Anaerobik

Hasil uji normalitas data kapasitas anaerobik yang dilakukan pada tiap kelompok adalah sebagai berikut:

Tabel 22. Rangkuman Hasil Uji Normalitas Data Kapasitas Anaerobik

Kelompok	N	M	SD	L_{hitung}	$L_{tabel\ 5\%}$	Kesimpulan
K_1	30	51.200	14.951	0.1373	0.162	Berdistribusi Normal
K_2	30	20.767	10.979	0.1143	0.162	Berdistribusi Normal
K_3	30	38.000	17.358	0.1549	0.162	Berdistribusi Normal
K_4	30	21.200	12.994	0.1384	0.162	Berdistribusi Normal

Dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K_1 diperoleh nilai $L_o = 0.1373$. Di mana nilai tersebut lebih kecil dari angka batas penolakan pada taraf signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data

pada K_1 termasuk berdistribusi normal. Dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K_2 diperoleh nilai $L_o = 0.1143$, yang ternyata lebih kecil dari angka batas penolakan hipotesis nol menggunakan signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K_2 termasuk berdistribusi normal. Dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K_3 diperoleh nilai $L_o = 0.1549$. Di mana nilai tersebut lebih kecil dari angka batas penolakan menggunakan signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K_3 termasuk berdistribusi normal. Adapun dari hasil uji normalitas yang dilakukan pada K_4 diperoleh nilai $L_o = 0.1384$, yang ternyata juga lebih kecil dari angka batas penolakan hipotesis nol menggunakan signifikansi 5% yaitu 0.162. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data pada K_4 juga termasuk berdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk menguji kesamaan varians antara kelompok 1 dengan kelompok 2. Uji homogenitas pada penelitian ini dilakukan dengan uji Bartlet.

a. Uji Homogenitas Data Kapasitas Aerobik

Hasil uji homogenitas data kapasitas aerobik antara kelompok 1, kelompok 2, kelompok 3 dan kelompok 4 adalah sebagai berikut:

Tabel 23. Rangkuman Hasil Uji Homogenitas Data Kapasitas Aerobik

Σ Kelompok	N_i	SD^2_{gab}	χ^2_o	$\chi^2_{tabel\ 5\%}$	Kesimpulan
4	30	5.055	7.146	7.81	Varians homogen

Dari hasil uji homogenitas diperoleh nilai $\chi^2_o = 7.146$. Sedangkan dengan $K - 1 = 4 - 1 = 3$, angka $\chi^2_{tabel\ 5\%} = 7,81$, yang ternyata bahwa nilai $\chi^2_o = 7.146$ lebih kecil dari $\chi^2_{tabel\ 5\%} = 7.81$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa antara kelompok dalam penelitian ini memiliki varians yang homogen.

b. Uji Homogenitas Data Kapasitas Anaerobik

Hasil uji homogenitas data kapasitas anaerobik antara kelompok 1, kelompok 2, kelompok 3 dan kelompok 4 adalah sebagai berikut:

Tabel 24. Rangkuman Hasil Uji Homogenitas Data Kapasitas Anaerobik

Σ Kelompok	N_i	SD^2_{gab}	χ^2_o	$\chi^2_{tabel\ 5\%}$	Kesimpulan
4	30	203.560	6.529	7.81	Varians homogen

Dari hasil uji homogenitas diperoleh nilai $\chi^2_o = 6.529$. Sedangkan dengan $K - 1 = 4 - 1 = 3$, angka $\chi^2_{tabel\ 5\%} = 7,81$, yang ternyata bahwa nilai $\chi^2_o = 6.529$ lebih kecil dari $\chi^2_{tabel\ 5\%} = 7.81$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa antara kelompok dalam penelitian ini memiliki varians yang homogen.

Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis penelitian dilakukan berdasarkan hasil analisis data dan interpretasi analisis varians. Uji rentang Newman-Keuls ditempuh sebagai langkah-langkah uji rata-rata setelah Anava. Berkenaan dengan hasil analisis varians dan uji rentang Newman-Keuls, ada beberapa hipotesis yang harus diuji. Urutan pengujian disesuaikan dengan urutan hipotesis yang dirumuskan pada bab II. Hasil analisis data, yang diperlukan untuk pengujian hipotesis sebagai berikut:

Tabel 25. Ringkasan Nilai Rata-rata Kapasitas Aerobik dan Anaerobik Berdasarkan Wilayah dan Jenis Kelamin

Variabel	A ₁		A ₂	
	B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
Rerata Kapasitas Anaerobik	51.200	20.767	38.000	21.200
Rerata Kapasitas Aerobik	26.808	23.458	25.248	22.998

Keterangan :

A₁ = Dataran tinggi.

A₂ = Dataran rendah.

B₁ = Kelompok anak laki-laki , B₂ = Kelompok anak perempuan

1. Hasil Analisis Varians dan Rentang Newman Keuls Data Kapasitas Aerobik

Hasil analisis varians untuk pengujian hipotesis pada data kapasitas aerobik adalah sebagai berikut:

Tabel 26. Ringkasan Hasil Analisis Varians Dua Faktor Data Kapasitas Aerobik

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F _o	F _t
Rata-rata	1	72784.1135	72784.114		
A	1	30.6131	30.613	6.0561 *	3.94
B	1	235.1720	235.172	46.5235 *	
AB	1	9.0585	9.059	1.7920	
Kekeliruan	116	586.3690	5.055		
Total	120	73645.3261			

Tabel 27. Ringkasan Hasil Uji Rentang Newman-Keuls Setelah Analisis Varians Data Kapasitas Aerobik

KP	A2B2		A1B2		A2B1		A1B1		RST
	Rerata	22.998	23.458	25.248	26.808				
A2B2	22.998	-	0.461	2.250 *	3.810 *			1.1494	
A1B2	23.458		-	1.790 *	3.349 *			1.3792	
A2B1	25.248			-	1.560 *			1.5147	
A1B1	26.808				-				

Keterangan ;

Yang bertanda * signifikan pada $\alpha \leq 0,05$.

Hasil Uji Hipotesis 1 untuk Analisis Data Kapasitas Aerobik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa anak yang berasal dari dataran tinggi memiliki hasil kapasitas aerobik yang berbeda dengan anak yang berasal dari dataran rendah. Hal ini dibuktikan dari nilai $F_{hitung} = 6.056 > F_{tabel} = 3.94$. Dengan demikian hipotesa nol (H_0) ditolak. Yang berarti bahwa anak yang berasal dari dataran tinggi memiliki hasil kapasitas aerobik yang berbeda dengan anak yang berasal dari dataran rendah dapat diterima kebenarannya.

Dari analisis lanjutan diperoleh bahwa ternyata anak yang berasal dari dataran tinggi memiliki hasil yang lebih baik dari pada anak yang berasal dari dataran rendah, dengan rata-rata hasil masing-masing yaitu 25.13 dan 24.12.

Hasil Uji Hipotesis 2 untuk Analisis Data Kapasitas Aerobik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki memiliki hasil kapasitas aerobik yang berbeda dengan anak yang memiliki jenis kelamin perempuan. Hal ini dibuktikan dari nilai $F_{hitung} = 46.524 > F_{tabel} = 3.94$. Dengan demikian hipotesa nol (H_0) ditolak. Yang berarti bahwa anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki memiliki hasil kapasitas aerobik yang berbeda dengan anak yang memiliki jenis kelamin perempuan dapat diterima kebenarannya.

Dari analisis lanjutan diperoleh bahwa ternyata anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki memiliki hasil kapasitas aerobik yang lebih baik dari pada anak yang memiliki jenis kelamin perempuan, dengan rata-rata hasil masing-masing yaitu 26.03 dan 23.23.

Hasil Uji Hipotesis 3 untuk Analisis Data Kapasitas Aerobik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara dataran tinggi dan jenis kelamin tidak bermakna. Karena $F_{hitung} = 1.792 < F_{tabel} = 3.94$. Dengan demikian hipotesa nol diterima. Dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat interaksi yang signifikan antara asal wilayah dan jenis kelamin dengan kapasitas aerobik yang dimiliki anak.

2. Hasil Analisis Varians dan Rentang Newman Keuls Data Kapasitas Anaerobik

Hasil analisis varians untuk pengujian hipotesis pada data kapasitas anaerobic adalah sebagai berikut:

Tabel 28. Ringkasan Hasil Analisis Varians Dua Faktor Data Kapasitas Anaerobik

Sumber Variasi	dk	JK	RJK	F _o	F _t
Rata-rata	1	129035.2083	129035.208		
A	1	1222.4083	1222.408	6.0051 *	3.94
B	1	16732.4083	16732.408	82.1989 *	
AB	1	1394.0083	1394.008	6.8481 *	
Kekeliruan	116	23612.9667	203.560		
Total	120	171997.0000			

Tabel 29. Ringkasan Hasil Uji Rentang Newman-Keuls Setelah Analisis Varians Data Kapasitas Anaerobik

Kelompok	A1B2	A2B2	A2B1	A1B1	RST	
	Rerata	20.767	21.200	38.000		51.200
A1B2	20.767	-	0.433	17.233 *	30.433 *	7.2936
A2B2	21.200		-	16.800 *	30.000 *	8.7524
A2B1	38.000			-	13.200 *	9.6120
A1B1	51.200				-	

Keterangan ;

Yang bertanda * signifikan pada $\alpha \leq 0,05$.

Berdasarkan hasil analisis data di atas dapat dilakukan pengujian hipotesis sebagai berikut:

- a. Hasil Uji Hipotesis 1 Analisis Data Kapasitas Anaerobik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa anak yang berasal dari dataran tinggi memiliki hasil kapasitas anaerobik yang berbeda dengan anak yang berasal dari dataran rendah. Hal ini dibuktikan dari nilai $F_{hitung} = 6.005 > F_{tabel} = 3.94$. Dengan demikian hipotesa nol (H_0) ditolak. Yang berarti bahwa anak yang berasal dari dataran tinggi memiliki hasil kapasitas anaerobic yang berbeda dengan anak yang berasal dari dataran rendah dapat diterima kebenarannya. Dari analisis lanjutan diperoleh bahwa ternyata anak yang berasal dari dataran tinggi memiliki hasil yang lebih baik dari pada anak yang berasal dari dataran rendah, dengan rata-rata hasil masing-masing yaitu 35.98 dan 29.60.

b. Hasil Uji Hipotesis 2 Analisis Data Kapasitas Anaerobik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki memiliki hasil kapasitas anaerobik yang berbeda dengan anak yang memiliki jenis kelamin perempuan. Hal ini dibuktikan dari nilai $F_{hitung} = 82.199 > F_{tabel} = 3.94$. Dengan demikian hipotesa nol (H_0) ditolak. Yang berarti bahwa anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki memiliki hasil kapasitas anaerobik yang berbeda dengan anak yang memiliki jenis kelamin perempuan dapat diterima kebenarannya.

Dari analisis lanjutan diperoleh bahwa ternyata anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki memiliki hasil kapasitas anaerobik yang lebih baik dari pada anak yang memiliki jenis kelamin perempuan, dengan rata-rata hasil masing-masing yaitu 44.60 dan 20.98.

c. Hasil Uji Hipotesis 3 Analisis Data Kapasitas Anaerobik

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara dataran tinggi dan jenis kelamin sangat bermakna. Karena $F_{hitung} = 6.848 > F_{tabel} = 3.94$. Dengan demikian hipotesa nol ditolak. Terdapat interaksi yang signifikan antara asal wilayah dan jenis kelamin dengan kapasitas anaerobik yang dimiliki anak.

Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan hasil penelitian ini memberikan penafsiran yang lebih lanjut mengenai hasil-hasil analisis data yang telah dikemukakan. Berdasarkan pengujian hipotesis telah menghasilkan dua kelompok kesimpulan analisis yaitu : (a) ada perbedaan yang bermakna antara faktor-faktor utama penelitian (b) ada interaksi yang bermakna antara faktor-faktor utama dalam bentuk interaksi dua faktor kelompok kesimpulan analisis dapat dipaparkan lebih lanjut berikut deskripsi tinggi badan, berat badan , dan persentase lemak tubuh:

Deskripsi tinggi badan, berat badan , dan persentase lemak tubuh

Dalam beberapa literatur (Sugiyanto, 1993; Guyton, 1999; Sherwood; 2001; Malina, R.M., Bouchard, C., 1991; Malina, R.M., Bouchard, C., dan Bar-Or, O., 2004.; Haywood, 1986) dikemukakan bahwa rata-rata tubuh penduduk asli di wilayah dataran tinggi memiliki tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan penduduk yang asli dataran rendah, namun persentase lemak tubuhnya lebih besar dibandingkan yang dataran rendah. Gagasan ini didukung pula oleh temuan dalam penelitian ini sebagaimana hasil perhitungan data tinggi badan, berat badan dan

persentase lemak tubuh pada tabel tersebut di atas, adalah diketahui bahwa secara rata-rata tinggi badan anak laki-laki dataran tinggi 127,03 cm lebih pendek dari pada anak laki-laki dataran rendah 128,4 cm. Kondisi seperti itu juga ditemukan pada rerata berat badan anak laki-laki wilayah tinggi sedikit lebih ringan 25,1 kg dibanding dengan yang di wilayah rendah 25,267. Demikian juga dengan tinggi badan anak perempuan wilayah dataran tinggi 129 cm lebih pendek dari pada anak perempuan wilayah dataran rendah 131,067, namun untuk rerata berat badan anak perempuan wilayah dataran tinggi sedikit lebih berat dibandingkan dibandingkan berat badan anak perempuan wilayah rendah yaitu 26,5 kg dengan 26,4 kg. Sedangkan rerata usia anak laki-laki pada dataran tinggi relatif sama dengan usia anak di wilayah dataran rendah yaitu 115 bulan. Sedangkan rerata usia pada anak perempuan pada wilayah dataran tinggi sedikit lebih muda 113,6 bulan dibanding 114,967 bulan.

Akan tetapi, untuk persentase lemak tubuh, temuan pada penelitian ini tidak mendukung gagasan para ahli sebelumnya, karena pada anak-anak dataran tinggi ternyata memiliki persentase lemak tubuh yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang dataran rendah yaitu anak laki-laki pada dataran tinggi lebih memiliki persentase lemak tubuh yang lebih sedikit 8,5463 dibandingkan dengan kelompok anak laki-laki pada wilayah dataran rendah 10,4337. Demikian juga dengan anak perempuan pada wilayah dataran tinggi juga, rerata persentase lemak tubuh lebih kecil dibandingkan dengan yang di wilayah dataran rendah yaitu 12,3793 dengan 12,8267, walaupun perbedaan tersebut terlihat kecil. Kemungkinan perbedaan persentase ini disebabkan oleh pola makan, karena sampel pada wilayah dataran

rendahan dalam penelitian ini tergolong wilayah yang penghasilan utamanya adalah nelayan dan petani tambak, sehingga memungkinkan kebutuhan protein dan lemak tercukupi bahkan berlebih dibandingkan daerah dataran tinggi yang tergolong wilayah pertanian.

Perbandingan Antara Wilayah Dataran tinggi dan Dataran rendah

a. Perbedaan Kapasitas Aerobik Antara Kelompok Wilayah Dataran tinggi dengan Dataran rendah

Berdasarkan pengujian hipotesis pertama pada data kapasitas aerobik antara kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi dan kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran rendah diketahui ada perbedaan yang signifikan. Kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi mempunyai kapasitas aerobik yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran rendah. Dari angka-angka yang dihasilkan dalam analisis data menunjukkan bahwa perbandingan rata-rata hasil kapasitas aerobik yang dimiliki anak dari wilayah dataran tinggi lebih tinggi 1.010 dari pada anak dari wilayah dataran rendah.

Kenyataan ini mendukung pendapat yang menyatakan bahwa seseorang telah memiliki kemampuan fisiologis bawaan dengan ukuran normal, tetapi kemampuan fisiologis tersebut bisa berubah menjadi superior pada fungsi tubuh tertentu sebagai akibat adaptasi dari lingkungan tempat tinggal seperti temperatur, iklim, dan ketinggian (Espenschade dan Eckert, 1980:17, 101; Gallahue, D.L., dan Ozmun, J.C., 1998 : 204-205). Sehingga, secara alami anak yang tinggal di wilayah dataran tinggi mengalami adaptasi terhadap

lingkungannya. Proses adaptasi pada anak yang tinggal di wilayah dataran tinggi dimulai semenjak masa bayi. Ukuran dada menjadi lebih besar, sedangkan ukuran tubuhnya sedikit lebih kecil, sehingga rasio kapasitas ventilasi terhadap massa tubuh menjadi lebih besar. Ukuran jantungnya terutama jantung kanan jauh lebih besar daripada jantung orang yang tinggal di tempat rendah, jantung kanan yang besar itu menghasilkan tekanan yang tinggi dalam arteri pulmonalis sehingga dapat mendorong kapiler paru yang telah sangat melebar. Pengangkutan oksigen oleh darah ke jaringan lebih mudah pada anak yang tinggal di wilayah dataran tinggi. Jumlah oksigen didalam darah menjadi lebih banyak karena jumlah hemoglobin yang lebih banyak. Pengangkutan oksigen ke jaringan anak yang tinggal di wilayah dataran tinggi lebih baik (Brooks dan Fahey, 1984; Fox dan Bowers, 1988; Guyton dan Hall, 1996). Oleh karena itulah maka anak yang tinggal di wilayah dataran tinggi memiliki aerobik yang lebih baik dibandingkan anak yang tinggal di wilayah dataran rendah.

Selain itu juga bisa disebabkan oleh efektifitas penggunaan oksigen (O_2) oleh otot yang semakin meningkat. Ini merupakan bentuk adaptasi terhadap tekanan parsial oksigen yang rendah pada wilayah tinggi sehingga tubuh manusia merespon dengan peningkatan efektivitas pengiriman dan penggunaan oksigen (O_2) (Brooks, G.A., dkk., 1992; Mairbaur, H., dkk., 1986; Sutton, JR., dkk., 1988).

Namun temuan-temuan tersebut di atas, berbeda dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Obert, P., dkk. (1993) dan Blanc, S., dkk. (1996)

yang menunjukkan bahwa kelompok anak yang tinggal dan hidup di wilayah tinggi memiliki kapasitas aerob yang lebih kecil dibandingkan dengan kelompok anak wilayah dataran rendah.

b. Perbedaan Kapasitas Anaerobik Antara Kelompok Wilayah Dataran tinggi dengan Dataran rendah

Berdasarkan pengujian hipotesis pertama pada data kapasitas anaerobik ternyata ada perbedaan yang nyata antara kapasitas anaerobik kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi dan kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran rendah. Pada kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran tinggi mempunyai hasil kapasitas anaerobik yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok anak yang berasal dari wilayah dataran rendah. Dari angka-angka yang dihasilkan dalam analisis data menunjukkan bahwa perbandingan rata-rata hasil kapasitas anaerobik yang dimiliki anak dari wilayah dataran tinggi lebih tinggi 6.383 dari pada anak dari wilayah dataran rendah.

Temuan ini mendukung hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ge, R.L., dkk. (1994) yang mendapati bahwa kapasitas anaerobik power pada penduduk dataran tinggi (Tibet) lebih besar dari pada penduduk dataran yang lebih rendah (Han). Demikian juga hasil yang telah dipublikasikan oleh Obert, P., dkk. (1993), dimana kelompok anak laki-laki dataran tinggi memiliki power yang lebih besar dibandingkan dengan yang kelompok anak dataran rendah.

Lebih besarnya kapasitas anaerobik kelompok anak wilayah tinggi dari pada kelompok anak wilayah rendah, kemungkinan disebabkan oleh kebiasaan sehari-hari dan pengaruh morfologi lingkungan tempat tinggal. Dimana, di daerah batu, kondisi permukaan wilayah berbentuk bukit-bukit, jalan-jalan disekitar wilayah perumahan penduduk terlihat naik, turun. Bila dibandingkan dengan permukaan wilayah gresik yang cenderung datar dan landai, memungkinkan bahwa kebiasaan kelompok anak-anak di wilayah tinggi adalah berjalan pada permukaan yang berbukit-bukit dan naik turun. Kebiasaan itu dapat menyebabkan adaptasi otot sebagai respon dari lebih beratnya kerja terutama ketika berjalan melewati bukit-bukit. Sehingga kemungkinan bentuk adaptasi adalah kekuatan dan power otot yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok anak wilayah rendah.

Perbandingan Antara Jenis kelamin Laki-laki dan Perempuan

- a. Perbedaan antara kapasitas aerob kelompok anak laki-laki dengan kelompok anak perempuan

Berdasarkan pengujian hipotesis ke dua untuk data kapasitas aerobik, ditemukan bahwa pada kelompok anak laki-laki dan perempuan juga memiliki perbedaan yang nyata. Kelompok anak laki-laki mempunyai kapasitas aerobik lebih baik dibanding anak perempuan. Dari angka-angka yang dihasilkan dalam analisis data menunjukkan bahwa perbandingan rata-rata hasil kapasitas aerobik pada anak laki-laki 2.800 yang lebih tinggi dari pada kelompok anak perempuan.

b. Perbedaan antara kapasitas anaerob kelompok anak laki-laki dengan kelompok anak perempuan

Berdasarkan pengujian hipotesis ke dua ternyata ada perbedaan kapasitas anaerobik yang nyata antara kelompok anak dengan jenis kelamin laki-laki dan jenis kelamin perempuan. Kelompok anak laki-laki mempunyai kapasitas anaerobik lebih baik dibanding kelompok anak perempuan. Dari angka-angka yang dihasilkan dalam analisis data menunjukkan bahwa perbandingan rata-rata hasil kapasitas anaerobik pada anak laki-laki 23.617 yang lebih tinggi dari pada kelompok anak perempuan.

Perbedaan jenis kelamin juga berpengaruh pada perbedaan kapasitas anaerobik dan aerobik anak. Ada empat alasan utama mengapa terjadi perbedaan dalam penampilan anak laki-laki dan perempuan : (1) bentuk tubuh, (2) struktur anatomis, (3) fungsi fisiologis, dan (4) faktor budaya. Antara laki-laki dan perempuan secara anatomis dan fisiologis memiliki perbedaan. Namun, pada masa anak-anak perbedaan anatomis dan fisiologis antara laki-laki dan perempuan belum begitu menonjol terutama pada usia 10 tahun. Demikian juga dengan perkembangan dan pertumbuhan biologisnya antara laki-laki dan perempuan pada usia tersebut relatif sama (Malina, R.M., Bouchard, C., 1991; Malina, R.M., Bouchard, C., dan Bar-Or, O., 2004).

Karena subjek dalam penelitian ini berlatar belakang budaya Jawa, maka kemungkinan faktor budaya merupakan faktor yang sangat mempengaruhi adanya perbedaan kapasitas anaerobik dan aerobik antara anak laki-laki dengan perempuan. Dalam kehidupan masyarakat, terutama di Jawa

Timur aktivitas fisik yang dilakukan oleh anak perempuan lebih terbatas dari pada anak laki-laki. Perempuan lebih di anjurkan untuk lemah lembut, tidak diperkenankan lari-lari, lompat-lompat, memanjat pohon dan aktivitas-aktivitas fisik lainnya yang masih dianggap kurang sesuai untuk anak perempuan. Anggapan sebagian besar masyarakat terhadap aktivitas-aktivitas fisik tersebut yaitu dianggap tidak pantas dilakukan oleh anak perempuan. Hal ini dapat menghambat perkembangan kapasitas fungsional dan biomotor anak-anak terutama kapasitas aerobik dan anaerobik anak perempuan. Oleh karena itu wajar jika kapasitas aerobik dan anaerobik anak perempuan lebih rendah jika dibandingkan kapasitas anaerobik dan aerobik anak laki-laki.

Interaksi Antara Wilayah dengan Jenis Kelamin

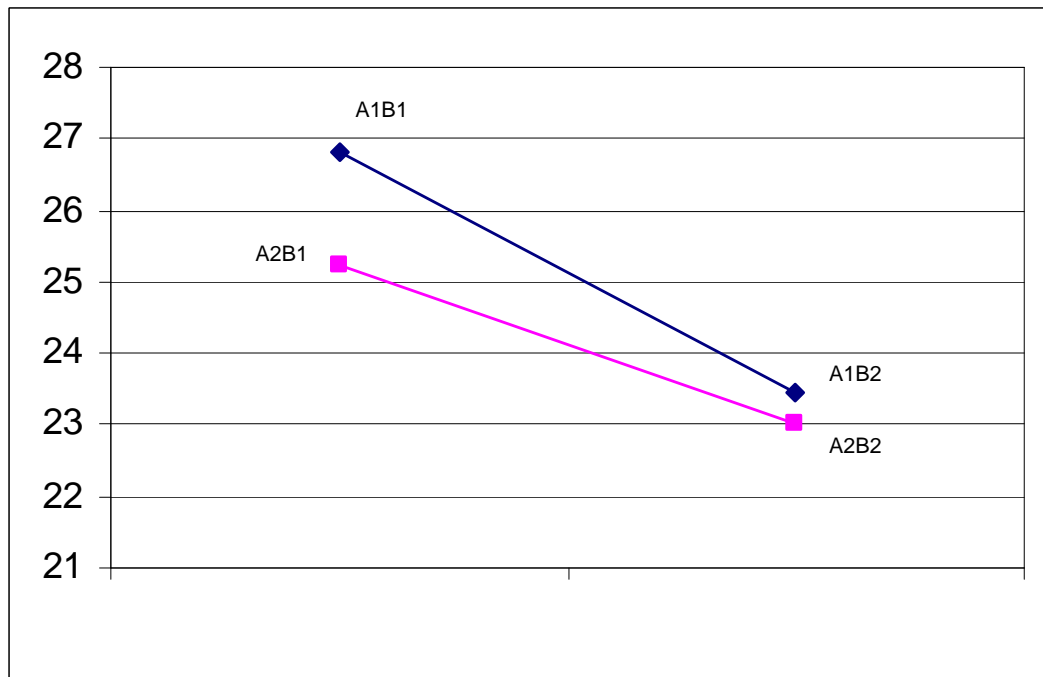
a. Data Kapasitas Aerobik

Tabel ringkasan hasil analisis untuk melihat interaksi antara variabel utama yang diteliti sebagai berikut:

Tabel 30. Pengaruh Sederhana, Pengaruh Utama, dan Interaksi Faktor, A dan B Terhadap Hasil Kapasitas Aerobik.

Faktor		A = Wilayah			
	Taraf	A ₁	A ₂	Rerata	A ₁ – A ₂
B = Jenis kelamin	B ₁	26.808	25.248	26.028	1.560
	B ₂	23.458	22.998	23.228	0.461
Rerata		25.133	24.123	24.628	1.010
B ₁ – B ₂		3.349	2.250	2.800	

Interaksi antara dua faktor penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Bentuk Interaksi Perubahan Besarnya Hasil Kapasitas Aerobik

Keterangan :

A₁ = Dataran tinggi

A₂ = Dataran rendah.

B₁ = Jenis kelamin laki-laki

B₂ = Jenis kelamin perempuan

Atas dasar gambar 7 di atas, bahwa bentuk garis perubahan besarnya nilai hasil kapasitas aerobik adalah tidak bersilangan. Garis perubahan kapasitas aerobik antar kelompok tidak memiliki suatu titik pertemuan atau persilangan. Antara wilayah dan jenis kelamin tidak memiliki titik persilangan. Berarti tidak terdapat interaksi yang signifikan diantara keduanya.

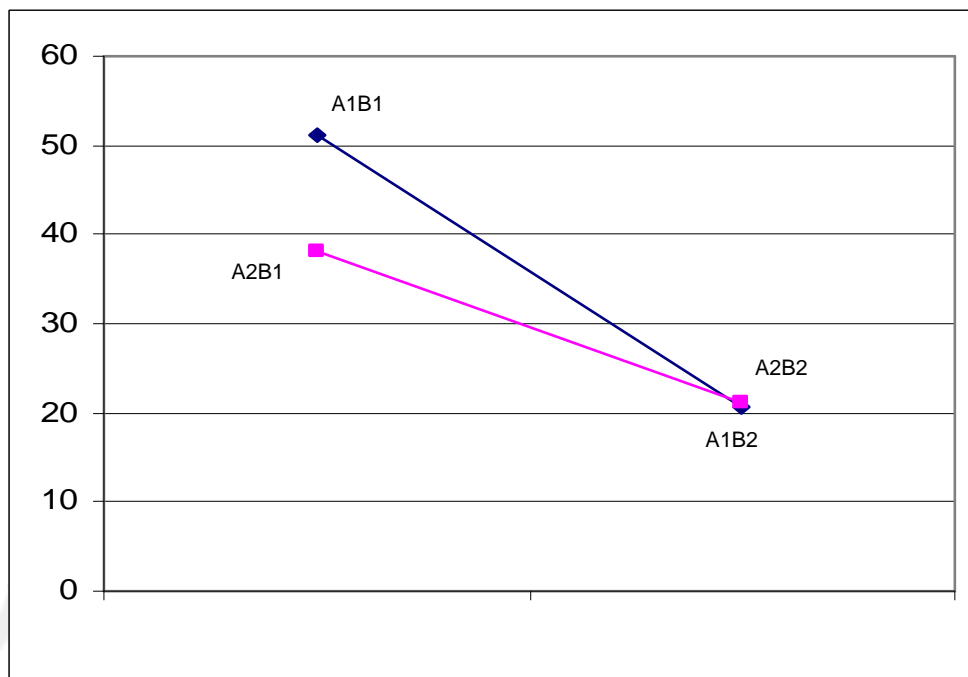
b. Data Kapasitas Anaerobik

Dari tabel 15 ringkasan hasil analisis varian dua faktor, nampak bahwa faktor-faktor utama penelitian dalam bentuk dua faktor menunjukkan interaksi yang nyata. Untuk kepentingan pengujian bentuk interaksi AB terbentuklah tabel 12 dibawah ini.

Tabel 31. Pengaruh Sederhana, Pengaruh Utama, dan Interaksi Faktor, A dan B Terhadap Hasil Kapasitas Anaerobik.

Faktor		A = Wilayah			
	Taraf	A ₁	A ₂	Rerata	A ₁ - A ₂
B = Jenis kelamin	B ₁	51.200	38.000	44.600	13.200
	B ₂	20.767	21.200	20.983	0.433
Rerata		35.983	29.6	32.792	6.383
B ₁ - B ₂		30.433	16.800	23.617	

Interaksi antara dua faktor penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Bentuk Interaksi Perubahan Besarnya Hasil Kapasitas Anaerobik

Keterangan :

A₁ = Dataran tinggi

A₂ = Dataran rendah.

B₁ = Jenis kelamin laki-laki

B₂ = Jenis kelamin perempuan

Atas dasar gambar 11 di atas, bahwa bentuk garis perubahan besarnya nilai hasil kapasitas anaerobik adalah tidak sejajar dan bersilangan. Garis perubahan kapasitas anaerobik antar kelompok memiliki suatu titik pertemuan atau persilangan. Antara wilayah dan jenis kelamin memiliki titik persilangan. Berarti terdapat interaksi yang signifikan diantara keduanya.

F. Keterbatasan Penelitian

Karena terbatasnya dana dan tenaga yang tersedia, penelitian ini hanya mengambil populasi dari kecamatan Bumiaji, Kota Batu untuk dataran tinggi, dan kecamatan Panceng, Kabupaten Gresik. Dalam pelaksanaannya berbagai kendala yang mungkin dihadapi telah diminimalisir melalui perencanaan-perencanaan yang lebih baik misalnya dengan pelatihan 10 tenaga pengambil data, penyediaan sarana transportasi, dan lain sebagainya. Tapi, meskipun demikian kesulitan-kesulitan di lapangan masih di alami dan sulit dihindari, diantaranya sebagai berikut;

Anak laki-laki maupun perempuan yang berusia 10 tahun pada saat pengambilan data, sangat terbatas jumlahnya pada masing-masing sekolah dasar. Sehingga melibatkan lebih banyak Sekolah Dasar. Tentunya, hal ini mempengaruhi waktu proses perijinan, dan perencanaan pengambilan data yang menjadi lebih lama.

Seringnya terjadi pemblokiran jalan menuju lokasi penelitian yang dilakukan oleh korban lumpur di Sidoarjo, membuat terhambatnya proses pelaksanaan pengambilan data terutama di wilayah dataran tinggi yaitu kecamatan Bumiaji, kota Batu dan memperbesar biaya penelitian.

Status ekonomi setiap siswa yang masih kurang terkontrol, karena kemungkinan ini bisa berpengaruh terhadap hasil-hasil tes. Namun, demikian untuk memperkecil resiko tersebut, wilayah yang tempat penelitian adalah sama-sama berstatus desa sehingga tingkat ekonominya relatif sama.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis data yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis data kapasitas aerobik

- a. Ada perbedaan yang signifikan antara kapasitas aerobik pada anak dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah. Kapasitas aerobik pada anak dari wilayah dataran tinggi lebih baik dari pada dengan dataran rendah, rata-rata hasilnya masing-masing adalah 25.13 dan 24.12.
- b. Ada perbedaan kapasitas aerobik yang signifikan antara anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki dengan jenis kelamin perempuan. Hasil kapasitas aerobik pada anak laki-laki lebih baik dari pada yang memiliki jenis kelamin perempuan, rata-rata hasilnya masing-masing adalah 26.03 dan 23.23
- c. Tidak terdapat interaksi yang signifikan antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap hasil kapasitas aerobik.

2. Analisis data kapasitas anaerobik

- a. Ada perbedaan yang signifikan antara kapasitas anaerobik pada anak dari wilayah dataran tinggi dan dataran rendah. Kapasitas anaerobik pada anak dari wilayah dataran tinggi lebih baik dari pada dengan dataran rendah, rata-rata hasilnya masing-masing adalah 35.98 dan 29.60.

- b. Ada perbedaan kapasitas anaerobik yang signifikan antara anak yang memiliki jenis kelamin laki-laki dengan jenis kelamin perempuan. Hasil kapasitas anaerobik pada anak laki-laki lebih baik dari pada yang memiliki jenis kelamin perempuan, rata-rata hasilnya masing-masing adalah 44.60 dan 20.98
- c. Terdapat interaksi yang signifikan antara ketinggian wilayah dan jenis kelamin terhadap hasil kapasitas anaerobik. Dengan demikian, kecenderungan kapasitas anaerobik yang untuk kapasitas anaerobik anak perempuan ditemukan bahwa pada wilayah dataran rendah lebih baik dibandingkan dengan wilayah dataran tinggi.

Sedangkan untuk deskripsi tinggi badan, berat badan, dan persentase lemak tubuh diketahui bahwa rata-rata kelompok anak-anak dataran tinggi memiliki tubuh yang lebih pendek, dan lebih ringan daripada kelompok anak dataran rendah. Demikian juga dengan, persentase lemak tubuhnya, dimana anak kelompok dataran tinggi memiliki rata-rata persentase tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan kelompok anak dataran rendah.

B. Implikasi

Kesimpulan dari hasil penelitian ini dapat mengandung pengembangan ide yang lebih luas jika dikaji pula tentang implikasi yang ditimbulkan. Atas dasar kesimpulan yang telah diambil, dapat dikemukakan implikasinya sebagai berikut:

Pada anak-anak yang lahir dan tinggal di wilayah tinggi memiliki kecenderungan superior dihasil tes kapasitas aerobik dibandingkan dengan anak-anak yang ada di dataran rendah. Temuan tersebut sebaiknya bisa dijadikan patokan didalam

pengambilan keputusan dan kebijakan pengembangan prestasi olahraga, terutama yang berkaitan dengan penelusuran bakat atlet. Untuk cabang olahraga yang lebih membutuhkan kapasitas aerob yang lebih besar maka proses pemanduan bakat dapat dilakukan pada daerah atau wilayah dengan ketinggian rata-rata lebih dari 1200 dpl. Dengan demikian akan lebih mengefektifkan dan mengefisienkan pelaksanaan pemanduan bakat tersebut. Kemungkinan juga, inilah yang membuat pelari-pelari jarak jauh dari dataran tinggi afrika sering menjadi pemenang dalam kejuaran-kejuaran dunia lari jarak jauh.

Pengaruh ketinggian wilayah terhadap kapasitas aerob anak-anak yang lahir dan tinggal di daerah dataran tinggi maupun dataran rendah pada dasarnya dipengaruhi oleh perbedaan tekanan parsial Oksigen di Udara. Tekanan parsial oksigen yang rendah menyebabkan persen oksigen per volume udara menjadi lebih kecil, namun ini tidak mempengaruhi persentase oksigen di udara. Keadaan yang seperti ini akan berpengaruh pada proses difusi oksigen di udara ke alveolus. Karena pada daerah yang tinggi tekanan parsial oksigen di udara semakin rendah dan tekanan parsial oksigen di alveolus tetap sebagaimana di tempat dengan ketinggian yang hampir sama dengan permukaan laut, proses difusi akan menjadi semakin lambat karena perbedaan tekanan yang semakin kecil. Untuk mengatasi kondisi tersebut, tubuh akan melakukan adaptasi. Pada orang dilahirkan di daerah dengan ketinggian tertentu, proses adaptasi terjadi sejak dia lahir. Salah satu bentuk adaptasi tersebut adalah kapasitas paru yang lebih besar dibandingkan orang yang lahir di dataran yang ketinggiannya kurang lebih sama dengan permukaan laut Selain itu, adaptasi juga menghasilkan perubahan-perubahan, yang meliputi lebih meningkatnya densitas mitokondria, meningkatnya

jumlah sel darah merah, dan meningkatnya hemoglobin darah. Karena faktor-faktor biologis tersebut di atas sangat berpengaruh terhadap kapasitas aerobik seseorang, maka kapasitas aerobik anak-anak pada dataran tinggi lebih baik dari pada anak-anak di dataran rendah. Implikasi dari temuan ini adalah pencarian bibit atlet yang berbakat dalam suatu cabang olahraga yang sangat membutuhkan kemampuan aerobik yang sangat bagus, sebaiknya pelaksanaan pemanduan bakatnya lebih banyak diarahkan kepada anak-anak yang lahir dan tinggal di wilayah dataran tinggi.

Demikian juga dengan hasil analisis data kapasitas anaerob, dimana kelompok anak daerah dataran tinggi memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok anak wilayah dataran rendah. Temuan ini juga mungkin dapat dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan pemanduan bakat untuk atlet usia dini pada cabang olahraga yang lebih banyak menggunakan komponen biomotor power dan kekuatan yaitu sistem energi anaerobik.

Berdasarkan pembahasan, selain karena adaptasi terhadap tekanan parsial oksigen yang rendah, kemampuan superior aktivitas anaerobik pada kelompok anak di wilayah dataran tinggi dibandingkan kelompok dataran rendah, mungkin juga disebabkan oleh morfologi permukaan wilayah yang cenderung berbukit, dan naik turun pada wilayah dataran tinggi. Lingkungan yang demikian memaksa tubuh seorang anak yang lahir dan tinggal di daerah tersebut untuk beradaptasi agar tidak mudah lelah dalam keseharian ketika harus beraktifitas pada lingkungan yang berbukit. Dengan demikian, bertambahnya bukti empiris tentang pengaruh lingkungan terhadap perkembangan fisik dan biologis seseorang anak, berimplikasi terhadap pelaksanaan pemanduan bakat untuk beberapa cabang olahraga, hendaknya memperhatikan juga

asal lingkungan tempat tinggal calon atlet. Calon atlet berasal dari dataran tinggi kemungkinan akan memiliki karakteristik kekuatan dan power yang lebih baik, sehingga bisa unggul untuk cabang olahraga yang memerlukan komponen kemampuan fisik tersebut.

Ditemukan pula bahwa terjadi perbedaan kapasitas aerobik dan anaerobik antara anak laki-laki dan perempuan dari kedua wilayah. Berdasarkan hasil analisis, terlihat bahwa kapasitas aerobik kelompok anak laki-laki lebih baik dari pada kelompok anak perempuan, demikian juga dengan kapasitas anaerobik yang menunjukkan bahwa kapasitas anaerobik kelompok anak laki-laki lebih baik dibandingkan dengan kelompok perempuan. Perbedaan-perbedaan disebabkan oleh perbedaan unsur biologis, anatomis, fisiologis, dan budaya daerah setempat. Secara biologis dan anatomis memang proporsi tulang, dan perototan antara laki-laki dan perempuan memang berbeda. Namun pada usia sepuluh tahun antara anak laki-laki dan perempuan memiliki karakter biologis relatif sama. Sehingga perbedaan kapasitas tersebut dalam penelitian lebih banyak disebabkan oleh budaya setempat yaitu budaya Jawa. Dalam pandangan budaya Jawa, anak perempuan tidak pantas jika terlalu banyak aktivitas fisik, lebih-lebih jika aktivitasnya melebihi laki-laki. Sehingga, anak laki-laki cenderung lebih banyak beraktivitas fisik dibandingkan anak perempuan.

Perbedaan-perbedaan kapasitas fisik antar jenis kelamin tersebut berimplikasi terhadap penyusunan dan penerapan program pelatihan fisik bagi anak-anak usia 10 tahun. Tentunya beban dan intensitas pelatihan harus dibedakan antara anak laki-laki dan perempuan, tetapi tetap berpegangan dan dengan menerapkan prinsip-prinsip pelatihan fisik khususnya bagi anak-anak (Baxter-Jones, 1995).

Dari semua hasil analisis data di atas diketahui bahwa wilayah dataran tinggi ternyata memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap kapasitas anaerobik dan aerobik. Keunggulan dataran tinggi ini dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pelatih olahraga untuk mengembangkan olahraga melalui pelatihan-pelatihan yang mungkin bisa dilakukan di dataran tinggi

C. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapat dari hasil analisis data di atas, maka peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Secara alami dataran tinggi memiliki pengaruh yang positif bagi peningkatan kapasitas anaerobik dan aerobik, sehingga dalam rangka pemanduan bakat atlet dan pembibitan atlet pelatih olahraga lebih memilih anak-anak yang berasal dari dataran tinggi terutama bagi cabang olahraga yang tidak terlalu menuntut ketinggian tubuh harus tinggi.
2. Terkait perbedaan kapasitas aerobik dan anaerobik antara laki-laki dan perempuan, yang lebih disebabkan oleh faktor budaya, maka sebaiknya bagi guru pendidikan jasmani hendaknya memberikan kesempatan yang sama kepada anak perempuan untuk berkegiatan fisik sebagaimana anak laki-laki. Sehingga perkembangannya fisik dan fisiologisnya menjadi lebih baik dan lebih optimal.
3. Untuk peneliti-peneliti selanjutnya yang mengkaji tentang pengaruh ketinggian terhadap perkembangan anak, sebaiknya menggunakan sampel yang terdiri dari beberapa tingkat usia dengan metode *crosssectional study*, sehingga pola perkembangan benar-benar terlihat.

4. Untuk lebih mendukung hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lanjutan yang mengkaji dan membandingkan parameter-parameter biologis yang meliputi kadar hemoglobin (Hb), Saturasi oksigen dalam darah (SaO₂), Toleransi Laktat dan jika memungkinkan jenis otot, tingkat kapilarisasi otot, dan densitas mitokondria dalam otot skelet.



DAFTAR PUSTAKA

- Aandstad, Berntsen, Hageberg, Klasson-Heggebø, Anderssen, 2006. A comparison of estimated maximal oxygen uptake in 9 and 10 year old schoolchildren in Tanzania and Norway. *British Journal of Sports Medicine*. 40:287-292

Almatsier, Sunita. 2003. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Tama

Alsagaff H. M, 1993. *Nilai Norma Paru Orang Indonesia pada Usia Sekolah dan Pekerja Dewasa, Proyek Pneumobil Indonesia*, Surabaya: Airlangga University Press, pp 1-19.

Amstrong, F.B. 1995. *Buku Ajar Biokimia* 3rd Edition. Jakarta: EGC

Astrand PO. 1977. *Textbook of Work Physiology*, 2nd edition. New York: Mc Graw Hill Book Company, pp. 286-329

Astrand PO, Rodahl K, 1986. *Textbook of Work Physiology*, 3rd Ed., New York: McGraw Hill Book Co., Pp. 217-238, 296-340,355-383.

Baxter-Jones, A. D. 1995. Growth and development of young athletes. *Sports Medicine*, 20, 59-64.

Blonc, S., Fellmann, Bedu, Falgairette, Jonge, Obert, Beaune, Spielvogel, San Miguel, Quintela, Tellez, dan Coudert. 1996. Effect of altitude and socioeconomic status on VO₂max and anaerobic power in prepubertal Bolivian girls. *J Appl Physiol* 80: 2002-2008

Brooks, GA., and Fahey, T.D, 1984. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*, 1st Ed., Jhon Willey and Sons Inc., New York, Pp. 67-93,

Brooks GA, Wolfel EE, Groves BM, Bender PR, Butterfield GE, Cymerman A, Mazzeo RS, Sutton JR, Wolfe RR, and Reeves JT., 1992. Muscle accounts for glucose disposal but not blood lactate appearance during exercise after acclimatization to 4,300 m. *J Appl Physiol* 72: 2435–2445

BSN, 1999. *Penyusunan Peta Geomorfologi: Standar Nasional Indonesia*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Buskirk, E. R., 1978. Environmental Problems and Their Control. *Sports Medicine: Ryan, Allan. J. And Allman, Fred L.* 1974. New York: Academic Press
- Cogill, Bruce. 2001. *Anthropometric Indicators Measurement Guide*. Washington DC: Academy for Educational Development
- Coyle, dkk, 1984. Adaptation of Sceletal Muscle to Endurance Exercise and Their Metabolic Consequences. *American Physilogy Society*. Retrieved by Fax 12/03/2003
- Dault, Adhyaksa. 2006. Laporan Menpora. www.presidensby.info/index.php5/html (downloaded 2 Januari 2007)
- Doewes, M. 2008. Kapasitas Kerja Fisik. *Sports Science Jurnal Ilmu Keolahragaan* Vol 1 No. 1.
- Espenschade, A., dan Eckert, H. M., 1980. *Motor Development Second Edition*. Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Foss, Merle L., 1998. *Physiological Basis for Exercise and Sport*. New York: The McGraw Companies, Inc.
- Fox EL, and Bower WR. 1993. *The Phisiological Basic for Exercise and Sport* 5th Ed. WBC. Brown & Benchmark Publisher.
- Fox, E. L., dan D. L. Costill, 1972. Estimated Cardiorespiratory Responses During Marathon Running. *Arch Environ Health*. 24:315-324.
- Gallahue, D. L., dan Ozmun, J. C., 1998. *Understanding Motor Development Infant, Children, Adolescent, Adults*. USA: Mac Graw Hill Company
- Ganong WF. 1999. *Review of Medical Physiology*, New Jersey: Printice Hall.
- Ge, R. L., Chen, Q. H., Wang, L. H., Gen, D., Yang, P., Kubo, K., Fujimoto, K., Matsuzawa, Y., Yoshimura, K., dan Takeoka, M. 1994. Higher exercise

performance and lower VO₂max in Tibetan than Han residents at 4,700 m altitude. *J Appl Physiol* 77: 684-691.

Graton and Jonas, 2004. *Research Methods For Sport Studies*. London: Mc Graw Hill

Gundersen, J.S., Chapman, R.F., And Levine, B.D. 2001. "Living high-training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J Appl Physiol* 91:1113-1120.

Guyton AC and Hal JE. 1999. *Teks Books of Medical Physiology*, 9th Ed. Philadelphia: WB Soudners Company.

Hairy, Junusul. 1989. *Fisiologi Olahraga*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.

Harsono. 1988. *Coaching Dan Aspek-Aspek Psikologis Dalam Coaching*. Jakarta : Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.

Haywood, K. M., 1986. *Life Span Motor Development*. Illionis: Human Kinetic Publ

Hidayatullah, M. Furqon. 2002. *Pembinaan Olahraga Usia Dini*. Surakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keolahragaan

Hochachka, P. W., Beatty, C. L., Burelle, Y., Trump, M. E. D., McKenzie, C., and Matheson. G. O., 2002. The Lactate Paradox in Human High-Altitude Physiological Performance. *News Physiol Sci* 17: 122-126.

Janssen, PGJM. 1989. *Training Lactate Pulse-Rate*. Finland: Polar Electro Oy, pp. 11-16, 20-96

Klein, S., Coyle, E.F., and Wolfe. R.R., 1994. Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. *Am. J. Phisiol.* 267 (*Endocrinol Metab.* 30): E934-E940.

Krasilshcikov, Oleksandr. 2006. *Initial Talent Identification and Development In Sport*. Makalah disajikan dalam Teluk Danga International Games Convention 2006. Johor, Malaysia.

Krisdinamurtirin, Y. 1990. *Status Gizi dalam Hubungan dengan Kesegaran Jasmani sebagai Penunjang Produktivitas Kerja*. Bogor: Puslitbang Gizi, hal 35

- Lamb, DR. 1984. *Physiology of Exercise, Responses and Adaptations*. New York: Macmillan Publishing Company, pp. 137-186, 230-231, 274-320
- Lumb, AB. 2000. High altitude and flying. In: *Nunn's applied respiratory physiology*. 5th ed. Oxford: Butterwoth-Heinemann.pp.357- 74
- Lutan, Rusli. 2002. *Menata Pembinaan Olahraga*. www.depdiknas.org (downloaded 4 April 2007).
- Mairbaur H, Schobersberger W, Humpeler E, Hasibeder W, Fischer W, and Raas E., 1986. Beneficial effects of exercising at moderate altitude on red cell oxygen transport and on exercise performance. *Pflu"gers Arch* 406: 594–599
- Mansur, 2005. *Pendidikan Anak Usia Dini*. Yogyakarta:Dian rakyat
- McArdle, WD. 1986. *Exercise Physiology Energy, Nutrition and Human Performance*. Philadelphia: Lear Febinger, pp. 80-123, 125-357
- Meksis, E., Bodganis, G.C., dan Maridaki, M., 2000. Relationship Between Body Mass Index, Body Composition And Aerobic Fitness In Greek Primary School Students. *Int. Journal of Obesity*, August. 2000, 24, 8.
- Melvin, H. William, 1991. *Nutrition for Fitness and Sport*, Iowa: Wm. C. Brown Publishers
- Mitchell, J. Rosen, dkk., 1998. Predictors of age-associated decline in maximal aerobic capacity: a comparison of four statistical models. *J Appl Physiol* 84:2163-2170.
- Mulyono, B. 2000. *Tes dan Pengukuran Olahraga*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Press
- Nazir, Moh., 1999. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Niesen-Vertommen, S., Coutts, K. D., Prasad, N., Jespersen, D., Cooper, T., Woloski, L., Sheel, W., Lama, I., & McKenzie, D. C., 1995. Field versus laboratory

tests as indicators of fitness in pre-pubertal children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(5), Supplement abstract

- Notoatmodjo, S., 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta
- Nunn, JF, 1987. *Aplied Respiratory Physiology*. Third Edition. London. Butterworths. Pp. 7-9, 79-83.
- Obert, P., Bedu, M., Fellmann, N., Falgairette, G., Beaune, B., Quintela, A., Van Praagh, E., Spielvogel, H., Kemper, H., dan Post. B. Effect of chronic hypoxia and socioeconomic status on VO₂max and anaerobic power of Bolivian boys. 1993. *J Appl Physiol* 74: 888-896.
- Pate. R.R., McClenaghan, B., & Rotella, R., 1984, *Scientific Fondation of coaching*. New York. CBC college publishing
- Pemkot Batu, 2007. *Profil Geografi Kota Batu*. www.batu.go.id (downloaded 6 September 2008).
- Petersen, S. R., C. A. Gaul, M. M. Stanton and C. C. Hanstock, 1999. Skeletal muscle metabolism during short-term, highintensity exercise in prepubertal and pubertal girls. *J Appl Physiol* 87:2151-2156.
- Rushall BS, Pyke FS. 1990. *A Training for Fitness, 1st ed*. Melbourne: Macmillan Co. pp 5-26
- Sadoso, S. 1993, *Pengetahuan Praktis Kesehatan Dalam Olahraga*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama,
- Sajoto M. 1995. *Peningkatan dan Pembinaan Kekuatan Kondisi Fisik Dalam Olahraga*. Semarang: Dahara Prize, hal 30-35, 121-145

- Saunders, P.U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Cunningham, R. B., Gore, C. J., Hahn, A. G., and Hawley, J. A. 2003. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. *J Appl Physiol* 96:931-937.
- Sherwood, Laure. 2001. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Jakarta: EGC.
- Singer, R. N., 1980. *Motor Learning And Human Performance An Apllication to Physical Education Skill Second Edition*. New York: Macmilan Publishing
- Soekarman R. 1987. *Dasar Olahraga Untuk Pembina, Pelatih dan Atlet*. Jakarta: PT. Inti Sedayu Press, hal. 21-43
- Sugiyanto, 1993. *Pertumbuhan dan Perkembangan*. Jakarta: Koni Pusat dan Ditjen Dikluspora
- Sugiyanto dan Sudjarwo, 1993. *Perkembangan dan Belajar Gerak*. Jakarta:Depdikbud
- Sudjana. 2004. *Metode Statistika*. Bandung. Tarsito.
- Sudjana. 1999. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung. Tarsito.
- Suryabrata, S. 2003. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: UGM Press
- Sukardi, 2004. *Metode Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Bumiaksara
- Sutton, JR, Reeves JT, Wagner PD, Groves BM, Cymerman A, Malconian MK, Rock PB, Young PM, Walter SD, and Houston CS., 1988. Operation Everest II:

oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude. *J Appl Physiol* 64: 1309–1321,

Tim, 2006. *Referensi Olahraga Prestasi*. Jakarta: Kementerian Negara Pemuda dan Olahraga

Tim. 2008. *Draft Standar Pengukuran Antropometri dan Kapasitas Fisik Olahragawan*. Jakarta: Kementerian Negara Pemuda dan Olahraga

Thoden, JS, MacDougall, JD, Wilson, BA. 1982. *Testing Aerobic Power*. In MacDougall JD, Green HJ, Wenger HA eds, *Physiological Testing of Elite Athlete*. New York: Movement Pub, pp. 39-52

UU No. 24/92 tentang penataan ruang. <http://www.pu.go.id/publik/struktur/II.htm> (downloaded 24 Agustus 2008)

Widodo, B. 2004. Pengaruh Latihan Aerobik Terhadap Peningkatan Kapasitas Aerobik Dan Kapasitas Anaerobik Pada Anak Usia 9-10 Tahun. <http://www.adln.lib.unair.ac.id/print.php?id=jiptunair-gdl-s2-2004-widodo2cbintoro-913-> (downloaded 7 Maret 2008)

www.batu.go.id (downloaded 8 April 2007).

www.brianmac.co.uk/Endurancetest/onlinecalculator/html.

www.eXrX.net/FitnessTesting/Youth/Calculator/Html.

Yudoyono, S.B., 2006. Sambutan Presiden www.presidensby.info/index.php1/html
(downloaded 2 Januari 2007)



TESTING PHYSICAL FITNESS IN CHILDREN

Niesen-Vertommen, S., Coutts, K. D., Prasad, N., Jespersen, D., Cooper, T., Woloski, L., Sheel, W., Lama, I., & McKenzie, D. C. (1995). Field versus laboratory tests as indicators of fitness in pre-pubertal children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(5), Supplement abstract 645.

Field tests to measure the capability of children to do certain classifications of physical work are just as valid as are laboratory assessments. The 50 yard run is a good measure of anaerobic capacity with using test-retest method in same day, has found that coefficient of correlation was 0.97 and the 1600 yd run valuable for aerobic assessment.

Implication. The fitness of pre-pubertal children is measured satisfactorily by convenient simple running tests.

[Return to Table of Contents for this issue.](#)

<http://coachsci.sdsu.edu/csa/vol32/niesen.htm>

Master Theses dari JIPTUNAIR / 2004-01-19 12:58:00

PENGARUH LATIHAN AEROBIK TERHADAP PENINGKATAN KAPASITAS
AEROBIK DAN KAPASITAS ANAEROBIK PADA ANAK USIA 9-10
TAHUN

Oleh: Widodo,Bintoro

Email: library@lib.unair.ac.id; libunair@indo.net.id;

Post Graduate Airlangga University

Dibuat: 2004-01-19 , dengan 1 file(s).

Keywords: AEROBIC

Subject: EXERCISE

Call Number: Tko 05/03 Wid p

Kapasitas aerobik adalah suatu kerja yang di laksanakan secara terus menerus selama mungkin, suatu kerja otot yang agak bersifat umum, dalam kondisi aerobik (Soebroto,1975:19). Olahraga yang kita lakukan ada kalanya menggunakan sistem energi yang bersifat aerobik dan anaerobik. Aerobik merupakan suatu sistem latihan untuk mencapai peningkatan kesegaran jasmani. Jenis latihan aerobik apabila dijalankan dengan benar dan teratur, akan banyak sekali pengaruhnya terhadap perkembangan tubuh manusia. Kapasitas anaerobik adalah suatu kerja yang membuat kita mampu melaksanakan secara terus menerus selama mungkin, suatu kerja otot yang agak bersifat umum, dalam kondisi anaerobik (Soebroto,1975:23). Kerja anaerobik terlaksana dalam suatu kondisi dimana kebutuhan akan oksigen melebihi kapasitas maksimum konsumsi. Pada masa anak-anak (childhood) sistem energi yang digunakan masih bersifat satu kesatuan sistem energi (Prasad, 1995). Usaha peningkatan

kesegaran jasmani pada usia dini merupakan suatu upaya dalam menciptakan sumberdaya manusia yang bermutu.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh latihan aerobik terhadap peningkatan kapasitas aerobik dan peningkatan kapasitas anaerobik. Bentuk penelitian adalah eksperimen dengan rancangan penelitian Randomized control group pre test - post test design. Sampel penelitian adalah 60 orang siswa putra Sekolah Dasar Negeri Percobaan dan Sekolah Dasar Laboratorium Universitas Negeri Malang (UM). Sampel berusia 9 - 10 tahun dibagi menjadi dua kelompok dengan cara Ordinal Pairing, masing masing kelompok 30 orngsiswa. Secara random diperoleh kelompok 1 sebagai kelompok Latihan aerobik dan kelompok 2 sebagai kelompok kontrol Latihan diberikan 3 kali dalam seminggu selama 6 minggu, Variabel yang dikaji adalah tinggi badan, berat badan, panjang tungkai, body mass index, kapasitas aerobik (tes lari 600 yard I 548,4 meter) dan kapasitas anaerobik (50 yard I 45,7 meter). Latihan aerobik dilakukan dengan latihan naik turun bangku setinggi 30 centimeter dengan intensitas latihan 60% Heart rate maksimal, repetisi 250 (10 menit) langkah naik turun bangku dan beban 25 gerakan langkah per menit. Variabel kapasitas aerobik diukur dengan stop watch dan kapasitas anaerobik dengan photo gate meter.

Data yang diperoleh diolah dengan statistik deskriptif, uji t, korelasi dengan taraf signifikan 5%. Hasil pretest dengan hasil post test menunjukkan bahwa kapasitas aerobik pada pretest kelompok latihan ada perbedaan secara bermakna ($p=0,000$) dengan kapasitas aerobik post test kelompok latihan, sedangkan kapasitas aerobik pada pre test kelompok kontrol tidak ada perbedaan yang bermakna ($p=0,161$) dengan kapasitas aerobik post test pada kelompok kontrol. Kapasitas anaerobik pada pre test kelompok latihan ada perbedaan yang bermakna ($p=0,007$) dengan kapasitas anaerobik post test pada kelompok latihan, sedangkan kapasitas anaerobik pada pre test kelompok kontrol tidak ada perbedaan yang bermakna ($p=0,136$) dengan kapasitas anaerobik post test pada kelompok kontrol. Kesimpulan penelitian ini adalah latihan aerobik (naik turun bangku) meningkatkan kapasitas aerobik dan dapat juga meningkatkan kapasitas anaerobik pada anak laki laki usia 9 - 10 tahun

Translation:

Aerobic capacity is a work done continuously as long as possible, a work of muscles that is quite general in aerobic condition (Soebroto,1975:19). Aerobic is a physical exercise system to gain physical health. Kinds of aerobic exercise will have many good effects to the development of our body if we do it well and regularly. Anaerobic capacity is a work that can make us able to do something continuously as long as possible, a work of muscles that is quite general in anaerobic ,condition (Soebroto,1975:23). Anaerobic work happens in a condition where the need of oxygen is more than the consumption's maximum capacity. The Energy system used during childhood has a

characteristic to be in one unit of energy system (Prasad, 1995). The effort to increase physical health in the early age is one way to create qualified human resources.

This research aimed to observe the effect of aerobics exercise to the increase of aerobics and anaerobic capacity. This research was an experiment that used randomized control group pre-test post-test design. The sample of this research was 60 male students of SDN Percobaan Malang and SD Laboratorium UM. The sample was about 9 - 10 year old and divided into two groups by using ordinal pairing. Each group contained 30 students. Randomly the researcher had group 1 as aerobics exercise group and group 2 as control group. The exercise was given 3 times a week for six weeks. Variables observed were height, weight, the length of leg, body mass index, aerobic capacity (600 yards running test / 548,4 m) and anaerobic capacity (50 yards running test / 50 m). The aerobic exercise done by stepping up and down the 30 cm bench and 25 stepping movement per minute. The variables of aerobic capacity measured by stop watch and anaerobic capacity by photogate meter.

The obtained data measured by descriptive statistics, t-test, correlations with 5% significance. The result of pre test and post test shows that there is a significant difference in aerobic capacity of exercise group's pre test ($p=0.000$) compared with aerobic capacity of post test, while the aerobic capacity of control group's pre test has no significant difference ($p=0.161$) compared with aerobic capacity of post test. There is also significant difference in anaerobic capacity of exercise group's pre test ($p=0.007$) compared with anaerobic capacity of pre test, while the anaerobic capacity of control group's pre test has no significant difference ($p=0.136$) compared with anaerobic capacity of post test.

The result of this research is that aerobic exercise (stepping up and down the bench) can increase aerobic capacity and can also increase anaerobic capacity of 9-10 years old boys.

Copyrights:

<http://www.adln.lib.unair.ac.id/print.php?id=jiptunair-gdl-s2-2004-widodo2cbintoro-913-latihan&PHPSESSID=dd2cc1da310370d55fcbeb92ddaa70d7>

Elliott, B. C., Ackland, T. R., Blanksby, B. A., & Bloomfield, J. (1990). A prospective study of physiological and kinanthropometric indicators of junior tennis performance. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 22, 87-92.

Young tennis players were measured on several anthropometric and physiological capacity variables over a period of five years. Ss were divided into those who regularly or occasionally made the quarterfinals in tournaments and those who never achieved

that level. A matched control group of non-players was also formed. Each group was compared at 11, 13, and 15 years of age.

Body composition differed between all groups for both sexes. The best male players were more linear and carried less fat than the control group, however, these factors did not discriminate between the two tennis groups. The best female players carried less fat than the control group and were less mesomorphic and more ectomorphic than the lesser players.

Strength and flexibility measures did not differentiate the male groups. The best females had a stronger grip strength than the other two groups.

The best males were more agile than the other two groups and were superior to the control group in 40 m sprint and vertical jump.

The best females were superior to controls on all anaerobic measures but were also superior to the lesser performing group on the 40 m sprint and vertical jump.

No significant differences were recorded between the male or female tennis groups on any aerobic capacity or lung function variables. These two groups were only superior to controls on estimated maximum aerobic power score expressed relative to body mass.

Implication. Only a few variables, each particular to gender, discriminated levels of tennis players in this age-group. Other variables and sport science dimensions (e.g., activity and mental skills) would seem to be more fruitful areas on which to concentrate to achieve performance improvements and talent location in young tennis players.

Tekanan parsial oksigen yang rendah menyebabkan persen oksigen per volume udara menjadi lebih kecil, namun ini tidak mempengaruhi persentase oksigen di udara (Guyton dan Hall, 1996; Fox dan Bowers, 1988; Foss, 1998)