

---

## **PENGARUH PELATIHAN OLAHRAGA RENANG INTENSITAS SEDANG DAN INTENSITAS TINGGI TERHADAP RESPONS SEL ABSORPTIF SEBAGAI PENGABSORPSI HASIL PENCERNAAN PADA USUS HALUS**

Oleh: I Wayan Artanayasa dan I Nyoman Kanca  
Dosen FPIK Universitas Negeri Pendidikan Ganesha Singaraja-Bali

---

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi terhadap respons sel absorptif sebagai pengabsorpsi hasil proses pencernaan di usus halus.

Jenis penelitian tergolong eksperimental laboratoris, menggunakan rancangan "*the separatesample pretest-posttest control group design*". Data dianalisis dengan rumus *t-test* program SPSS 10. Penelitian menggunakan pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi selama 4 minggu (12 kali pelatihan) pada hewan coba tikus putih jantan jenis wistar, umur  $\pm 5$  bulan, berat badan 246–278 gram, eksperimen dilakukan malam hari, pukul 19.30-22.30 WIB, suhu air 28-30° C. Hewan coba sebanyak 80 ekor yang homogen dibagi menjadi 4 kelompok secara alokasi *random* (*random assignment*) berdasarkan undian, yaitu satu kelompok *pretest*, satu kelompok kontrol, dan dua kelompok perlakuan (satu kelompok pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang, dan satu kelompok pelatihan olahraga renang dengan intensitas tinggi).

Hasil penelitian menunjukkan, bahwa (1) pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi

dapat meningkatkan respons sel absorptif, dengan nilai  $t = -73,281$ ,  $p = 0,000$ , (2) ada perbedaan pengaruh antara olahraga renang intensitas sedang dengan olahraga intensitas tinggi pada peningkatan respons sel absorptif ( $t = -0,860$   $p = 0,393$ ). Dapat disimpulkan, bahwa (1) pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi selama 4 minggu dapat meningkatkan jumlah sel absorptif di usus halus, (2) ada perbedaan antara pelatihan olahraga dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi pada peningkatan jumlah sel absorptif. Peningkatan jumlah sel absorptif pada pelatihan olahraga renang intensitas sedang lebih sedikit dibanding dengan pelatihan olahraga renang intensitas tinggi.

**Kata kunci:** pelatihan, olahraga, sel, usus halus.

Di masyarakat penderita gangguan pada sistem absorpsi masih tinggi. Prihal tersebut dapat dilihat dari fakta di lapangan yang menunjukkan bahwa masih banyak penderita diare yang disebabkan oleh mengkonsumsi makanan yang tidak sesuai dengan kondisi fisiologik usus halus yang bersangkutan.

Pemberian pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi sudah banyak digunakan untuk meningkatkan derajat kebugaran jasmani, pembinaan atlet berbakat, dan atlet berprestasi. Namun demikian, peningkatan kemampuan sel absorptif yang berfungsi sebagai pengabsorpsi hasil pencernaan di usus halus akibat pemberian pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi, masih belum banyak diungkap. Untuk dapat berlatih dan berkompetisi secara lebih optimal dibutuhkan sumber energi yang berasal dari nutrien lebih banyak, lebih berkualitas dan mudah dicerna serta diabsorpsi oleh sel absorptif di usus halus. Beberapa hasil penelitian menunjukkan, bahwa sesudah lari dengan intensitas tinggi terjadi peningkatan permeabilitas usus halus secara signifikan (Pals, 1997). Latihan renang memiliki pengaruh positif pada jumlah sel, dan berlari memiliki pengaruh pada peningkatan jumlah sel (Praag, 1999). Sesudah satu jam latihan moderat dapat meningkatkan kecepatan absorpsi zat besi (Schmid, 1996).

Gangguan faal gastrointestinal terutama pada usus halus, khususnya angka prevalensi maldigesti dan malabsorpsi masih sangat tinggi (Soeparto, 1999). Gangguan maldigesti maupun malabsorpsi merupakan keadaan yang menyebabkan kurang efisiennya asimilasi dari pencernaan nutrien baik sebagai akibat maldigesti maupun malabsorpsi (Ulshen, 1996; Soeparto, 1999). Maldigesti merupakan kegagalan dari proses kimiawi dari pencernaan yang terjadi di mukosa usus, sedangkan malabsorpsi merupakan kegagalan dari mukosa usus mengabsorpsi nutrien yang dicerna. Maldigesti disebabkan oleh kekurangan enzim lipase pankreas atau laktase usus yang diperlukan bagi pencernaan. Malabsorpsi merupakan akibat dari kerusakan mukosa, misalnya terjadi gangguan vaskuler atau penyakit intestinal (Huether, 1994; Soeparto, 1999).

Salah satu penyebab malabsorpsi adalah fungsi sistem absorpsi usus halus terutama sel absorptif rendah, sehingga tidak mampu melakukan fungsinya secara optimal sebagai akibat dari aktivitas fisik sehari-hari yang tidak cukup untuk menstressor fungsi sistem absorpsi. Apabila kualitas fungsi sistem absorpsi usus halus yang rendah tersebut terus berlanjut, itu akan mengakibatkan terciptanya SDM dengan status gizi rendah, kesegaran dan kesehatan jasmani rendah, kinerja rendah, dan prestasi olahraga rendah.

Salah satu upaya nyata yang dapat dilakukan untuk mencegah ataupun mengatasi kondisi tersebut, adalah dengan melakukan penelitian pembinaan kesegaran jasmani melalui pelatihan olahraga. Dalam penelitian ini digunakan pelatihan olahraga renang intensitas sedang beban 3 % berat badan puasa dan intensitas tinggi beban 9 % berat badan puasa.

Pada penelitian ini digunakan *Rattus Norvegicus Strain Wistar* (RNSW) sebagai hewan coba, karena pada setiap pengambilan unit analisis hewan coba dikorbankan (mati), oleh karena itu penggunaan manusia sebagai sampel pada penelitian ini tidak dimungkinkan. Permasalahan dalam penelitian ini, adalah (1) apakah pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi berpengaruh terhadap respons jumlah sel absorptif yang berfungsi sebagai pengabsorpsi hasil pencernaan di usus halus? (2) manakah lebih baik antara pengaruh pelatihan olahraga renang dengan intensitas sedang dan intensitas tinggi terhadap jumlah sel absorptif sebagai pengabsorpsi hasil pencernaan di usus halus?



## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian tergolong eksperimental laboratoris. Rancangan penelitian yang digunakan *the separate sample pretest-posttest control group design* (Campbell, 1966). Adapun yang dimaksud dengan *the separate sample pretest-posttest* adalah pemisahan hewan sampel antara kelompok *pretest* dan kelompok *posttest*. Rancangan tersebut dipilih karena pada setiap pengambilan unit analisis, yaitu jaringan usus halus hewan coba dikorbankan (mati), sehingga tidak memungkinkan menggunakan hewan coba yang sama untuk mendapatkan data *pretest* dan *posttest*. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *t-test* menggunakan komputer program SPSS versi 10, dengan tarap kepercayaan 95 %.

Untuk tetap menjaga validitas penelitian, perlu ditetapkan jumlah hewan coba dengan mempertimbangkan karakteristik penelitian. Oleh karena itu penentuan jumlah hewan coba menggunakan perhitungan *n* ulangan (replikasi) dari Steel dan Torrie (1991). Penelitian menggunakan hewan coba tikus putih jenis wistar umur  $\pm 1$  bulan, kemudian dipelihara sampai umur  $\pm 5$  bulan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Biokimia Fakultas Kedokteran Unair, dan UPT Mikroskop Elektron Fakultas Kedokteran Unair. Jumlah sel absorptif usus halus, diperiksa dengan metode *periodic acid schiff* (PAS).

Analisis statistik yang digunakan, yaitu: (1) uji homogenitas, (2) uji maturasi, (3) uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, (4) *t-test*. Uji statistik menggunakan jasa komputer program SPSS versi 10, dengan tarap kepercayaan 95 %.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Pengaruh Maturasi Selama Empat Minggu

Pengamatan dilakukan dengan membandingkan kelompok *pretest* dengan kelompok kontrol. Pengamatan dilakukan terhadap parameter, yaitu: jumlah sel absorptif (JSA) dengan menggunakan rumus *t-test*.

**Tabel 1.** Hasil Pengamatan Jumlah Sel Absorptif (JSA)Kelompok *Pretest* dan Kontrol

| Variabel | <i>Pretest</i> |         | Kontrol  |         | t     | p     |
|----------|----------------|---------|----------|---------|-------|-------|
|          | Rerata         | SD      | Rerata   | SD      |       |       |
| JSA      | 218,7000       | 10,4674 | 217,8000 | 10,5494 | 0,192 | 0,850 |

Tabel 1 menunjukkan hasil pengamatan kelompok *pretest* dan kelompok kontrol, bahwa jumlah sel absorptif tidak berbeda antara kelompok *pretest* dan kelompok kontrol ( $p > 0.05$ ). Hal ini menunjukkan perubahan akibat maturasi empat minggu dapat diabaikan.

### Uji Keajekan

Uji keajekan dilakukan untuk mengetahui konsistensi (keajekan) pengamatan yang dilakukan oleh peneliti. Uji ini dilakukan dengan membandingkan data pengamatan peneliti dan pengamat kedua. Data yang diuji adalah setiap hasil penghitungan variabel bergantung pada yang diperoleh melalui pemeriksaan yang masih mengandung unsur subjektivitas. Variabel tersebut adalah jumlah sel absorptif usus halus.

**Tabel 2.** Uji Keajekan Hasil Pengamatan Jumlah Sel Absorptif, Peneliti dan Pengamat Kedua untuk Kelompok *Pretest* dan *Posttest* Pelatihan Olahraga Renang Intensitas Sedang dan Intensitas Tinggi

| Variable | Peneliti |          | Pengamat Kedua |          | T     | p     |
|----------|----------|----------|----------------|----------|-------|-------|
|          | Rerata   | SD       | Rerata         | SD       |       |       |
| JSA      | 331,8833 | 110,8730 | 331,4917       | 111,0003 | -0,27 | 0,978 |

Tabel 2 menunjukkan hasil uji *t-test* (untuk melihat konsistensi pengamatan variabel) tidak ada perbedaan pengamatan peneliti dengan pengamatan pengamat kedua ( $p > 0.05$ ) untuk variabel yang diteliti. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai *t* untuk uji kelompok variabel yang diamati memiliki probabilitas lebih besar dari 0,05 ( $p > 0.05$ ), dengan demikian data ini konsisten (ajek). Selanjutnya, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengamatan peneliti. Uji Homogenitas

Uji homogenitas, dilakukan untuk mengetahui kesamaan kondisi ke-4 kelompok. Meskipun sampel berasal dari populasi yang sama, yakni *rattus norvegicus strain wistar* (RNSW), namun untuk meyakinkan bahwa sampel tersebut homogen dilakukan uji homogenitas data. Uji ini bertujuan untuk meningkatkan validitas interna, sehingga perubahan yang terjadi semata-mata akibat perlakuan yang diberikan, yaitu pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi selama 4 minggu (12 kali pelatihan).

Uji homogenitas ini hanya diperlukan untuk menguji homogenitas karakteristik sampel sebelum dilakukan perlakuan, pengujian ini juga untuk keperluan analisis varians univariat maupun multivariat, sehingga dilakukan hanya untuk variabel yang dianalisis untuk uji statistik yang diperlukan. Uji homogenitas dilakukan terhadap variabel berat badan ke 4 kelompok. Uji homogenitas untuk variabel berat badan yang diukur menggunakan *F-test*. Hasil pengujian menunjukkan tidak ada perbedaan berat badan antarkelompok hewan coba dengan probabilitas untuk nilai  $F > 0,05$  ( $p = 0,370$ ), dengan demikian hewan coba homogen ( $p > 0,05$ ).

### Uji Normalitas Data

Uji normalitas data menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk data pengamatan, yaitu: jumlah sel absorptif.

**Tabel 3.** Hasil Uji Normalitas Data Jumlah Sel Absorptif (JSA) Komogorov-Smirnov (K-S)

| Variabel | Rerata   | SD       | K-S   | p     |
|----------|----------|----------|-------|-------|
| JSA      | 331,8833 | 110,8730 | 1,182 | 0,576 |

Hasil pengujian menunjukkan, bahwa semua variabel yang diuji berdistribusi normal dengan probabilitas untuk nilai Kolmogorov-Smirnov lebih besar dari 0,05 ( $p > 0,05$ ).



### Uji Beda Antarkelompok

**Tabel 4.** Uji Beda Jumlah Sel Absorptif (JSA) Pada Kelompok Pelatihan Olahraga Renang Intensitas Sedang dan Intensitas Tinggi

| Variabel | Kontrol  |         | Aerobik & Anaerobik |         | t       | p     |
|----------|----------|---------|---------------------|---------|---------|-------|
|          | Rerata   | SD      | Rerata              | SD      |         |       |
| JSA      | 222,6667 | 16,1693 | 441,1000            | 16,4818 | -73,281 | 0,000 |

Pengujian statistik *t-test* dengan asumsi bahwa perubahan pada sel absorptif disebabkan oleh pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi. Hasil analisis menunjukkan, bahwa ada pengaruh pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi terhadap peningkatan jumlah sel absorptif, dengan nilai  $t = -73,281$  dan probabilitas kurang dari  $\alpha$  ( $p = 0,000$ ). Setelah diberikan pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi terjadi peningkatan pada jumlah sel absorptif.

**Tabel 5.** Uji Beda Jumlah Sel Absorptif (JSA) pada Kelompok Pelatihan Intensitas Sedang dan Tinggi

| Variabel | Intensitas Sedang ( <i>Posttest</i> ) |         | Intensitas Tinggi ( <i>Posttest</i> ) |         | t      | p     |
|----------|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|--------|-------|
|          | Rerata                                | SD      | Rerata                                | SD      |        |       |
| JSA      | 422,3000                              | 14,2677 | 441,8000                              | 21,8571 | -2,362 | 0,030 |

Pengujian hipotesis ini menggunakan pengamatan pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi. Analisisnya menggunakan statistik uji beda dua rata-rata (*t-test*) dengan asumsi bahwa perubahan pada jumlah sel absorptif disebabkan oleh pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi. Hasil analisis menunjukkan, bahwa ada perbedaan pengaruh pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi terhadap peningkatan jumlah sel absorptif dengan nilai  $t = -2,362$  dan probabilitas lebih kecil dari 0,05 ( $p = 0,030$ ).

## PEMBAHASAN

Data jumlah sel absorptif diperoleh dari rerata hasil pengamatan di sepuluh vili usus halus dengan lapang pandang *graticulae*. Untuk meyakinkan secara empiris diperlukan uji analisis data sebagai upaya pembuktian homogenisasi, normalisasi, dan pengaruh maturasi empat minggu terhadap perubahan variabel yang diteliti.

Uji keajekan, dilakukan untuk mengetahui konsistensi (keajekan) pengamatan yang dilakukan oleh peneliti. Uji ini dilakukan dengan membandingkan data pengamatan peneliti dengan pengamat kedua. Data yang diuji adalah setiap hasil penghitungan variabel tergantung yang diperoleh melalui pemeriksaan yang masih mengandung unsur subjektivitas. Variabel tersebut adalah pengamatan jumlah sel absorptif di usus halus.

Hasil analisis menunjukkan, bahwa tidak ada beda pengamatan peneliti dengan pengamatan pengamat kedua untuk setiap variabel yang diteliti, dengan demikian data ini konsisten (ajek) selanjutnya data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengamatan peneliti.

Uji homogenitas, dilakukan untuk mengetahui kesamaan kondisi ke-4 kelompok hewan coba. Meskipun hewan coba berasal dari jenis yang sama, yaitu *rattus norvegicus strain wistar* (RNSW), namun untuk meyakinkan bahwa hewan coba tersebut homogen dilakukan uji homogenitas data. Uji ini bertujuan untuk meningkatkan validitas internal, sehingga perubahan yang terjadi semata-mata akibat perlakuan yang diberikan, yaitu pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi selama 4 minggu dengan 3 kali pelatihan per minggu (12 kali pelatihan). Uji homogenitas ini diperlukan untuk menguji homogenitas berat badan hewan coba sebelum dilakukan perlakuan, pengujian ini juga untuk keperluan analisis varian univariat, sehingga dilakukan hanya untuk variabel yang dianalisis untuk uji statistik yang diperlukan. Pengujian termasuk di dalamnya (*include*) pada uji yang dilakukan. Uji homogenitas dilakukan terhadap variabel berat badan ke-4 kelompok hewan coba.

Hasil uji homogenitas menunjukkan, bahwa tidak ada perbedaan berat badan antar- kelompok hewan coba, dengan demikian ke-4 kelompok hewan coba homogen, yaitu kelompok *pretest*, kelompok kontrol, dan kelompok perlakuan mempunyai berat badan yang homogen. Uji normalitas data, menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk data pengamatan, yaitu jumlah



sel absorptif. Hasil pengujian menunjukkan, bahwa variabel yang diuji berdistribusi normal dengan signifikansi untuk nilai Kolmogorov-Smirnov semuanya lebih besar dari 0,05.

Pengamatan pengaruh maturasi selama empat minggu, dilakukan dengan membandingkan kelompok *pretest* dengan kelompok kontrol. Pengamatan dilakukan terhadap parameter, yaitu jumlah sel absorptif dengan menggunakan analisis statistik *t-tet*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah sel absorptif tidak ada perbedaan. Hal ini menunjukkan perubahan akibat maturasi empat minggu dapat diabaikan.

Hasil uji dengan menggunakan statistik *t-test* antara kelompok kontrol dan kelompok pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi menunjukkan, bahwa pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi meningkatkan respons jumlah sel absorptif. Temuan penelitian ini sesuai dengan temuan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kemampuan adaptasi tubuh akan meningkat sesuai dengan beban *stress* yang diberikan (Dick, 1992; Rushall, 1992). Bentuk adaptasi tubuh terhadap program pelatihan fisik tercermin pada kinerja gerak fisik (Garagiola, 1995). Ketepatan takaran dosis latihan fisik terhadap respons tubuh dapat bertindak sebagai stimulator (Rushall, 1992). Kadar hormon pertumbuhan akan meningkat jika orang dalam keadaan aktif atau dalam keadaan berolahraga (Soewondo, 1996). Latihan fisik menyebabkan peningkatan sekresi hormon pertumbuhan dalam darah (Lamb, 1984). Pelatihan fisik dapat meningkatkan jumlah sel (Praag, 1999).

Mengapa pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi dapat meningkatkan respons jumlah sel absorptif di usus halus? Hal ini disebabkan oleh faktor neural yang mempengaruhi sekresi hormon pertumbuhan adalah faktor ketegangan (*stress*) yang bersifat psikis maupun yang bersifat fisik. Regulasi dari kompartemen proliferasi diperkirakan diselesaikan melalui integrasi terpadu faktor peptida pertumbuhan dan substansi matriks ekstraseluler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TGF- $\alpha$  dan TGF- $\beta$  berperan dalam pengaturan keseimbangan antara proliferasi dan pergantian sel epitel. Efek proliferasi dari TGF- $\alpha$  diimbangi balik oleh penghambat proliferasi TGF- $\beta$  (Roy, 1995 dalam Soeparto, 2003). Hiperplasia yang didahului oleh peningkatan produksi sel kriptas, terkait dengan memanjangnya kedalaman kriptas dan selanjutnya perpanjangan dari vili usus halus. Karena proses ini merupakan sesuatu hiperplasia dan tidak

hipertrofi, hal ini lebih berhubungan dengan bertambahnya jumlah sel daripada besar sel. Dikemukakan pula bahwa peningkatan yang besar dalam proliferasi enterosit disertai dengan apoptosis yang merupakan upaya untuk mempertahankan homeostasis (Helmrath, 1998 dalam Soeparto, 2003).

Hiperplasi mukosal dan hiperfungsi segmental condong menguntungkan organisme secara menyeluruh (Dowling, 1988). Hiperplasia merupakan suatu peningkatan dalam jumlah sel yang dihasilkan dari peningkatan kecepatan pembelahan sel (Soeparto, 2003). Hiperplasia sebagai tanggapan terhadap jejas (*injury*) terjadi apabila jejas telah cukup berat untuk menimbulkan kematian sel. Hilangnya sel epitelial memicu sintesis DNA dan pembelahan mitotik. Peningkatan pertumbuhan sel adalah suatu proses tahap multi yang melibatkan produksi dari faktor pertumbuhan, yang merangsang sel-sel sisa untuk mensintesis komponen sel baru dan akhirnya membelah.

Pada kondisi fisiologis terjadi keseimbangan antara produk sel pada dasar kriptas dan pelepasan sel pada puncak pilus (Guyton, 2000). Pengaturan sekresi hormon pertumbuhan oleh kelenjar hipofisis anterior dilakukan dengan seimbang sesuai dengan kebutuhan fisiologis oleh dua faktor, yaitu: (1) *growth hormone releasing factor* (GHRF) dan (2) *somatotropin release inhibiting factor* (SRIF) atau somatostatin yang dihasilkan oleh hipotalamus. Produksi sel dalam kriptas dikontrol oleh: (1) kontrol umpan balik, yaitu pembelahan sel kriptas bergantung pada jumlah sel pada vili, dan (2) kontrol adaptif, yaitu vili usus halus mempunyai kemampuan memperpanjang diri sesuai dengan kebutuhan tanpa bergantung pada mitosis sel dalam kriptas (Soeparto, 1997). Enterosit pada usus halus dibentuk dari sel-sel yang tidak berdiferensiasi yang membelah secara aktif di kriptas Lieberkuhn (Soeparto, 1997). GH merupakan hormon pertumbuhan semua sel (Guyton 2000; Ulijaszek, 1998). Latihan anaerobik dapat meningkatkan sekresi GH yang lebih banyak (Roemmich, 1997). Latihan fisik menyebabkan peningkatan sekresi hormon pertumbuhan dalam darah, bahkan pada latihan fisik yang berat sekresi hormon pertumbuhan sangat meningkat (Guyton, 2000). Latihan fisik submaksimal meningkatkan hormon somatotropin dalam darah (Lamb, 1984). Latihan renang memiliki pengaruh positif pada jumlah sel, dan berlari cepat memiliki pengaruh pada peningkatan jumlah sel (Praag, 1999).

Mengapa pengaruh pelatihan olahraga renang intensitas tinggi pada respons jumlah sel absorptif di usus halus meningkat lebih besar daripada



pelatihan olahraga renang intensitas sedang? Hal ini disebabkan hormon pertumbuhan mempunyai aktivitas fisiologik yang luas, dengan demikian latihan anaerobik dapat meningkatkan sekresi GH yang lebih banyak (Roemmich, 1997). Latihan fisik menyebabkan peningkatan sekresi hormon pertumbuhan dalam darah, bahkan pada latihan fisik yang berat sekresi hormon pertumbuhan sangat meningkat (Guyton, 2000). Hormon pertumbuhan meningkatkan pembelahan sel serta proliferasi seluler tubuh (McArdle, 1986). Hiperplasia merupakan suatu peningkatan dalam jumlah sel yang dihasilkan dari peningkatan kecepatan pembelahan sel (Soeparto, 2003). Hiperplasia sebagai tanggap terhadap jejas (*injury*) terjadi apabila jejas telah cukup berat untuk menimbulkan kematian sel. Hilangnya sel epitelial memicu sintesis DNA dan pembelahan mitotik. Peningkatan pertumbuhan sel adalah suatu proses tahap multi yang melibatkan produksi dari faktor-faktor pertumbuhan yang merangsang sel-sel sisa untuk mensintesis komponen sel baru dan akhirnya membelah. Hiperplasia dan hipertrofi keduanya terjadi apabila sel-sel berkemampuan mensintesis DNA, yang memungkinkan terjadinya pembagian mitotik (Soeparto, 2003).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan, bahwa: (1) pelatihan olahraga intensitas sedang dan intensitas tinggi berpengaruh terhadap peningkatan jumlah sel absorptif di usus halus, (2) ada perbedaan antara pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi dalam meningkatkan jumlah sel absorptif di usus halus. Peningkatan jumlah sel absorptif pada pelatihan olahraga intensitas tinggi lebih banyak (lebih baik) dibanding dengan pelatihan olahraga renang intensitas sedang.

Meskipun hasil penelitian ini telah dapat memberikan tambahan informasi tentang respons fisiobiologis sel absorpsi di usus halus yang terjadi pada pelatihan olahraga renang intensitas sedang dan intensitas tinggi, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut baik untuk memperluas penjelasan teoritik maupun untuk penerapannya.

1. Kajian respons sel absorptif usus halus akibat pelatihan olahraga renang intensitas sedang perlu dikembangkan lebih lanjut untuk membangun kajian fisiobiologis yang berkonsep morfofungsi pada usus halus.



2. Dibutuhkan pengembangan penelitian lebih lanjut pada hewan sehat yang lebih besar dengan menggunakan model penelitian sejenis dengan variabel yang lebih lengkap. Dengan demikian hasilnya dapat digunakan dalam upaya membina masyarakat pencinta dan pelaku olahraga, sehingga kualitas morfofungsi usus halus meningkat, kebugaran jasmani meningkat, dan pada akhirnya pencapaian prestasi olahraga menjadi lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, D.T. & Stanley, J.C. (1966). "The Separate-Sample Pretest-Posttest Control Group Design." *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. (1979). Chicago: Rand Mc Nally College Publishing Company.
- Dick, F.W. (1992). *Sports Training Principles*. 2<sup>nd</sup> London: A & C Black (Publishers).
- Firney, F.M., et al. (1977). "Effect of Glucose Ingestion on Energy Substrate Utilization During Prolonged Muscular Exercise." *European Journal of Applied Physiology*. 36: 247-254.
- Garagiola, U., et al. (1995). "Immunological Patterns During Regular Intensive Training in Athletes: Quantification and Evaluation of a Preventive pharmacological approach." *J of Int. Med. Res.* 23:85-95.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. (2000). *Textbook Of Medical Physiology*. New York: WB Saunders Company,.
- Huether, S.E. (1994). "Structure and Function of Digestive System." in McCance, K.L.& Huether, S.E.(eds). *Pathology the Biologic Basis for Disease in Adults and Children 2*. St Louis: Mosby.
- Lamb, D.R. (1984). *Physiology of Exercise Responses & Adaptations*. New York: Macmillan Publishing Company.
- McArdle, W.D. & Montage, H.J. (1966). "Reliability of Exhaustive Swimming in the Laboratory Rat." *J Appl. Physiol.* 21 (4): 1431-1434.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (1986). *Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance*. Second Edition. New York: Lea & Febiger.
- Pals, K.L., et al. (1997). "Effect Of Ranning Intensity On Intestinal Permeability." *J Appl. Physiol.* Feb. 82(2): 571-6.

- Praag, V.H., Kempermann, G., & Gage, F.H. (1999). „Running Increases Cell Proliferation And Neurogenesis In The Adult Mouse Dentate Gyrus.” *Laboratory of Genetics, Salk Institute for Biological Studies, La Jolla, California 92037, USA, Nat. Neurosci.* Mart.; 2(3): 26-70.
- Schmid, A., et al. (1996). „Effect of Physical Exercise and Vitamin C on Absorption of Feric Sodium Citrate.” *Med. Sci. sports Exerc.* Dec. 28(12): 1470-3.
- Soeparto P. (1997). “Imunologi Intestinal.” dalam *Imunologi Mukosal Kedokteran*. Surabaya: Gramik, Fakultas kedokteran, Universitas Airlangga.
- . (2000). *Sindroma Maldigesti dan Malabsorpsi*. Surabaya: Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga.
- . (2001). *Imunologi Intestinal*. Surabaya: Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga.
- Soeparto P, dkk. (1999). *Gangguan Absorpsi - Sekresi: Sindroma Diare. Seri Gramik: Gastroenterologi Anak*. Edisi 2. Surabaya: Gramik Fakultas Kedokteran, Unair, RSUD Dr. Soetomo,
- Soewondo D. (1996). *Fisiologi Kelenjar Endokrin*. Yakarta: Universitas Indonesia, UI Press.
- Ulshen, M. (1996). *Malabsortive Disorders*. in Behrman, R.E. & Klegman, R.M. (eds). *Nelson Textbook Of Pediatrics*. 14<sup>th</sup> ed., Philadelphia: WB Sauders Co., Ch. 286: 1089-1101.
- Van Nieuwenhoven, M.A., Brummer, R.M., & Brouns, F. (2000). “Gastrointestinal Function During Exercise: Comparison of Water, Sports Drink, and Sports Drink With Caffeine.” *J Appl. Physiol.* Sep;89(3):1079-85.