

Media Medika Muda

Copyright©2017 by Medical Faculty of Diponegoro University

Volume 2, Nomor 3

ARTIKEL ASLI

September – Desember 2017



PENGARUH LATIHAN AEROBIK AKUT TERHADAP PENINGKATAN FUNGSI EKSEKUTIF YANG DIUKUR DENGAN STROOP COLOUR WORD TEST DAN TRAIL MAKING TEST PART B PADA ANAK SEKOLAH DASAR

Rahmi Isma Asmara Putri¹, Rudy Handoyo², Noor Wijayahadi³

EFFECT OF ACUTE AEROBIC EXERCISE ON STROOP COLOUR WORD TEST AND TRAIL MAKING TEST PART B SCORES IN ELEMENTARY SCHOOL CHILDREN

ABSTRACT

Background: Executive function is part of the cognitive function that plays an important role in the children learning process and academic achievement, therefore the aim of this study is to know effect of acute aerobic exercise on children executive function improvement in elementary school children aged 9–12 years measured by Stroop Colour Word Test and Trail Making Test part B.

Methods: randomized pre and post controlled group design

Results: In intervention group there was significant improvement in stroop CW test from 2.2955 ± 0.34325 minutes to 1.15795 ± 0.29062 minutes ($p < 0.001$) and TMT-B from 32.6320 ± 3.92685 second to 25.7435 ± 4.63849 second ($p < 0.001$). There was significant improvement difference post test pre test stroop CW ($p < 0.01$) and TMT-B ($p = 0.037$) in intervention group compared to control group.

Conclusion: Acute aerobic exercise could improve executive function test score stroop CW test and TMT-B.

Keywords: Acute aerobic, executive function, Stroop CW, TMT-B.

ABSTRAK

Latar belakang: Fungsi eksekutif merupakan bagian dari kognitif yang berperan penting dalam proses pembelajaran dan prestasi akademis anak, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh latihan aerobik akut terhadap peningkatan fungsi eksekutif anak sekolah dasar usia 9–12 tahun yang diukur dengan Stroop Colour Word Test dan Trail Making Test part B.

Metode: Penelitian klinis eksperimental dengan randomized pre and post controlled group design.

Hasil: Pada kelompok perlakuan terdapat peningkatan yang bermakna pada skor stroop CW dari $2,2955 \pm 0,34235$ menit menjadi $1,5795 \pm 0,29062$ menit ($p < 0,001$) dan pada skor TMT-B dari $32,6320 \pm 3,92685$ detik menjadi $25,7435 \pm 4,63849$ detik ($p < 0,001$). Terdapat perbedaan yang bermakna selisih pre test-post test skor Stroop CW ($p < 0,001$) dan TMT-B ($p = 0,037$) pada kelompok perlakuan dibanding kelompok kontrol.

Simpulan: Latihan aerobik akut dapat meningkatkan skor uji fungsi eksekutif Stroop CW dan TMT-B.

Kata kunci: Aerobik akut, fungsi eksekutif, Stroop CW, TMT-B

¹ Program Studi Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

² Program Studi Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

³ Farmakologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan anak di mulai dari konsepsi sampai pematangan (dewasa). Proses tersebut menjadikan anak menjadi matang baik dalam aspek fisik, emosi, psikososial maupun intelektual. Aspek perkembangan sebagai bagian dari proses tumbuh kembang anak merupakan hasil dari interaksi kematangan susunan syaraf pusat yang dipengaruhinya. Aspek kemampuan fungsional seperti kognitif, emosi, motorik, bahasa dan sosial merupakan komponen dari perkembangan fase awal yang akan menentukan fase perkembangan selanjutnya, dimana kekurangan pada salah satu aspek tersebut akan mempengaruhi aspek lainnya. Kognitif merupakan aspek dari perkembangan anak, yang terdiri dari lima domain yaitu atensi, bahasa, memori, visuospasial dan fungsi eksekutif.^{1,2}

Fungsi eksekutif merupakan bagian dari kognitif. Istilah fungsi eksekutif digunakan untuk menggambarkan berbagai proses pengaturan diri yang meliputi tingkah laku yang bertujuan, proses-proses kognitif yang memungkinkan fleksibilitas, deteksi kesalahan dan resolusi konflik. Secara umum fungsi eksekutif terdiri dari tiga aspek fundamental yaitu, inhibisi, *updating working memory* dan *mental set shifting/task switching*.³⁻⁶

Fungsi eksekutif memainkan peran yang penting dalam proses pembelajaran anak dan prestasi akademis anak. Beberapa penelitian terkini menunjukkan fungsi eksekutif sebagai prediktor kuat kesiapan anak sekolah dan prestasi di sekolah. Perbedaan individual dalam fungsi eksekutif juga secara substansial berhubungan dengan kemampuan membaca, menulis, matematika dan prestasi keilmuan.^{3,7}

Penelitian menyebutkan bahwa perkembangan yang pesat dari *working memory* dan inhibisi sebagai bagian dari fungsi eksekutif terjadi pada usia prasekolah dan usia sekolah awal. Selama usia sekolah dasar terjadi perkembangan yang lebih lanjut dari fungsi eksekutif yang dicerminkan dengan munculnya kecepatan dan tingkat akurasi yang berhubungan dengan perkembangan kesadaran anak terhadap perbedaan antara tuntutan tugas di satu sisi dan kinerja mereka sendiri.^{3,6}

Sirkuit neural dalam kortek prefrontal sangat penting untuk fungsi eksekutif, dan tidak seperti

regio otak yang lain, kortek prefrontal matur diakhir masa remaja. Selama periode imaturitas perubahan progresif dan regresif terjadi secara bersamaan dan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya pengalaman dan stimulasi yang diperoleh anak.^{3,4,6}

Latihan aerobik merupakan salah satu aktivitas yang dianjurkan untuk menstimulasi kognitif pada anak. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa latihan aerobik akut dengan intensitas moderat mempunyai efek yang positif terhadap fungsi eksekutif pada anak dengan *acquired deficit hiperactivity disorder* (ADHD).⁸

Terdapat beberapa uji standar yang digunakan untuk menilai fungsi eksekutif, salah satunya adalah penilaian dengan *stroop colour word* (CW) test yang dapat digunakan untuk menilai fungsi eksekutif pada aspek inhibisi dan trail making test part B yang digunakan untuk menilai fungsi eksekutif pada aspek *working memory* dan *task switching*. Kedua uji fungsi eksekutif tersebut telah teruji validitas dan reliabilitasnya dan dapat digunakan oleh anak-anak.⁹

Karena fungsi eksekutif merupakan salah satu dari komponen kognitif yang berpengaruh terhadap prestasi akademis dan proses pembelajaran pada anak serta belum ada penelitian yang membahas pengaruh latihan aerobik akut terhadap fungsi eksekutif pada anak sekolah dasar usia 9-12 tahun yang dinilai dengan *stroop CW test* dan *trail making test part B* maka hal ini mendorong penulis untuk melakukan penelitian ini.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *randomized pre and post controlled group design*. Penelitian ini dilakukan di SD Rejosari 03 Semarang pada bulan November 2013 - Januari 2014. Populasi target adalah anak usia sekolah dasar. Populasi terjangkau adalah anak SD yang berusia 9-12 tahun di SD Rejosari 03 Semarang. Kriteria inklusi meliputi murid SD yang berusia 9-12 tahun saat penelitian dilakukan, mendapat ijin dari orang tua untuk diikutsertakan dalam penelitian, sehat untuk melakukan penelitian yang dinilai dengan *Physical Activity Readiness (PAR-Q) for children*. Kriteria eksklusi meliputi mempunyai riwayat cedera kepala sedang berat, buta warna, hemoglobin (Hb) < 10 gr/dl, sebelumnya rutin melakukan olahraga

(lari, berenang, sepakbola) dengan frekuensi minimal seminggu 3 kali, tidak bersedia mengikuti penelitian dan atau skor mood and feeling questionnaire (MFQ) >11. Kriteria drop out meliputi anak merasa kelelahan dan menolak melanjutkan sesi latihan hingga selesai, anak melaksanakan sesi latihan tidak sesuai dengan protokol latihan yang ditetapkan. Besar sampel minimal dengan kriteria drop out 20% adalah 18 orang perkelompok. Total sampel minimal adalah 36 orang, namun pada penelitian ini melibatkan 40 subyek. Perlakuan yang diberikan adalah latihan aerobik intensitas moderat (target heart rate 50-70% metode Karvonen) selama 30 menit yang terdiri dari pemanasan selama 5 menit, latihan inti (berlari) selama 20 menit dan pendinginan selama 5 menit.

Cara sampling dengan simple random sampling. Penelitian ini sudah mendapatkan persetujuan dari komisi etik Fakultas kedokteran Universitas Diponegoro/Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi Semarang. Kesiediaan pasien atau keluarga pasien untuk diikutsertakan dalam penelitian dilakukan secara tertulis (informed consent). Sebelumnya diberikan penjelasan mengenai tujuan, manfaat dan efek yang dapat terjadi akibat penelitian. Semua biaya yang berhubungan dengan penelitian merupakan tanggung jawab peneliti.

HASIL

Penelitian ini melibatkan 40 anak SD yang terdiri dari 20 anak pada kelompok perlakuan dan 20 anak pada kelompok kontrol. Semua subyek

dalam kedua kelompok adalah murid kelas 5 SD Rejosari 03 Semarang yang berusia 9-12 tahun. Kelompok perlakuan mendapatkan perlakuan berupa latihan aerobik akut (lari) pada jam olahraga atau pada saat class meeting di pagi hari dan hanya satu kali perlakuan untuk masing-masing subyek penelitian.

Karakteristik subyek penelitian

Tabel 1 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada karakteristik subyek penelitian yang terdiri dari: usia, BMI, kadar hemoglobin, lingkaran kepala, penghasilan orang tua dan uji fungsi eksekutif awal (TMT-B dan Stroop CW) antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol ($p > 0,05$).

Kelompok Kontrol

Tabel 2 menunjukkan pada kelompok kontrol terdapat perbedaan yang bermakna pada perubahan hasil TMT-B ($p = 0,001$) namun tidak didapatkan perbedaan yang bermakna pada uji Stroop CW ($p = 0,104$).

Kelompok Perlakuan

Tabel 3 menunjukkan pada kelompok perlakuan terdapat perubahan hasil dengan perbedaan yang bermakna baik pada TMT-B ($p = 0,001$) maupun Stroop CW ($p = 0,001$).

Kelompok kontrol vs Kelompok perlakuan

Tabel 4 menunjukkan adanya selisih perubahan skor TMT-B dan Stroop CW, kelompok perlakuan

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

Variabel	Kelompok Perlakuan (n=20)	Kelompok Kontrol (n=20)	p
Jenis kelamin			
Laki-laki	11 (55%)	11 (55%)	1,00
Perempuan	9 (45%)	9 (45%)	
Usia	10,60 ± 0,883	10,40 ± 0,598	0,483*
BMI	-0,0870 ± 1,23943	-0,0940 ± 1,07761	0,756*
Hemoglobin (Hb)	12,805 ± 0,7300	12,550 ± 0,7702	0,714 [¥]
Lingkar kepala	51,0 ± 1,9331	51,0 ± 1,214	0,061 [¥]
Penghasilan orang tua	0,90 ± 0,308	1,00 ± 0,324	0,323*
TMT-B	32,6320 ± 0,392685	31,1760 ± 4,86015	0,204*
Stroop CW	2,2955 ± 0,34235	2,3390 ± 0,23065	0,379*

* Uji Mann-Whitney U ¥ Independent t-test

Tabel 2. Perubahan hasil TMT-B dan Stroop CW pada kelompok kontrol

Uji	Kelompok kontrol		<i>p</i>
	Sebelum	Sesudah	
TMT-B (dalam detik)	31,1760 ± 31,1760	28,9205 ± 3,79449	0,001*
Stroop CW(dalam menit)	2,3390 ± 0,23065	2,2595 ± 0,37305	0,104 [§]

*Uji T-test § Uji Wilcoxon

Tabel 3. Perubahan hasil TMT-B dan Stroop CW pada kelompok perlakuan

Uji	Kelompok perlakuan		<i>p</i>
	Sebelum	Sesudah	
TMT-B (dalam detik)	32,6320 ± 3,92685	25,7435 ± 4,63849	0,000*
Stroop CW(dalam menit)	2,2955 ± 0,34235	1,5795 ± 0,29062	0,000 [§]

*Uji T-test § Uji Wilcoxon

Tabel 4. Selisih perubahan TMT-B dan Stroop CW pada kedua kelompok

Variabel	Kelompok		<i>p</i>
	Perlakuan	Kontrol	
TMT-B	6,8885 ± 4,10551	2,2555 ± 2,55916	0,037*
Stroop test	0,7160 ± 0,25307	0,0795 ± 0,32377	0,000 [§]

*Independent t-test § Mann-Whitney

lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, serta didapatkan perbedaan yang bermakna pada selisih perubahan skor TMT-B ($p=0,037$) dan Stroop CW ($p=0,001$).

PEMBAHASAN

Karakteristik Subyek

Penelitian ini dilakukan di SD Rejosari 03 Semarang dengan subyek penelitian anak kelas 5 SD yang berusia antara 9–12 tahun, yang memenuhi kriteria penelitian dan dibagi menjadi dua kelompok secara randomisasi. Satu kelompok mendapatkan perlakuan latihan aerobik akut sedangkan kelompok lain tidak mendapatkan perlakuan (kelompok kontrol). Kelompok perlakuan dan kelompok kontrol berasal dari sekolah yang sama sehingga mempunyai karakteristik yang sama.

Anak SD kelas 5 dipilih sesuai dengan rentang usia 9–12 tahun, karena perkembangan pesat dari fungsi eksekutif terjadi pada usia sekolah dasar dan pada usia tersebut anak dapat memahami perintah dengan baik sehingga dapat mengikuti instruksi

pada penelitian ini. Dari hal tersebut diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat yang besar pada anak usia 9–12 tahun.

BMI merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk melihat status gizi anak, Katz dan Friedman menyatakan bahwa status gizi yang baik merupakan faktor yang penting untuk perkembangan otak dan mempertahankan fungsi kognitif yang normal, sedangkan keadaan gizi yang buruk telah menunjukkan pengaruh yang negatif terhadap berbagai domain kognitif dan perkembangan, fungsi bahasa serta memori dan fungsi eksekutif.^{10,11} Perbedaan BMI anak yang menunjukkan perbedaan status gizi pada anak dapat menjadi faktor pembeda karakteristik dasar fungsi eksekutif anak.¹⁰⁻¹² Pada penelitian ini seluruh subyek penelitian memiliki BMI pada rentang yang normal ± 2 SD berdasarkan pengukuran WHO antropometrik dengan rerata BMI pada kelompok perlakuan $-0,0870 \pm 1,23943$ dan kelompok kontrol $-0,0940 \pm 1,07761$, serta tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p=0,756$).

Selain itu berdasarkan pengukuran BMI WHO antropometrik, seluruh subyek pada kedua

kelompok tidak ada yang masuk kriteria obesitas, dimana obesitas sendiri dapat mempengaruhi fleksibilitas, fleksibilitas merupakan salah satu dari komponen *health related fitness* yang dapat mempengaruhi performa anak dalam melakukan latihan aerobik.¹³

Terdapat penelitian yang menyatakan ukuran lingkaran kepala yang kecil menunjukkan volume otak yang kecil dan hal ini berpengaruh terhadap kognitif seseorang.^{14,15} Lingkaran kepala seluruh subyek penelitian ini normal (*mesocephal*) berdasarkan standar dari pengukuran WHO antropometrik. Pada kelompok perlakuan rerata $51 \pm 1,9331$, sedangkan pada kelompok kontrol rerata $51 \pm 1,2140$. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p=0,061$).

Berdasarkan literatur, untuk melakukan latihan aerobik intensitas moderat dengan aman seseorang harus memenuhi syarat-syarat kesehatan tertentu yaitu mempunyai riwayat kesehatan yang baik, kondisi fisik yang fit sebelum memulai latihan dan kadar Hb yang adekuat yaitu 10–12 gr/dl pada wanita, dan 10–14 gr/dl pada pria.¹⁶ Pada penelitian ini, parameter-parameter yang digunakan untuk menilai adalah kuesioner *PAR-Q for children*, pemeriksaan fisik dan penilaian kadar Hb dengan menggunakan *manual Hb check*. Semua partisipan dalam penelitian memiliki hasil penilaian *PAR-Q for children* yang aman untuk memulai latihan yaitu tidak terdapat jawaban 'ya' disemua pertanyaan yang diajukan serta kadar Hb di atas 10 gr/dl dengan rerata kadar Hb pada kelompok perlakuan $12,805 \pm 0,7300$ gr/dl dan pada kelompok kontrol $12,550 \pm 0,7702$ gr/dl, tidak didapatkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p=0,714$).

Kelompok perlakuan yang mendapatkan latihan aerobik akut selama latihan menunjukkan rentang skala Borg 12–16. Skala Borg sebagai suatu metode pengukuran untuk menentukan seberapa berat latihan yang telah dilakukan berdasarkan pengalaman subyektif. Skala Borg diukur pada menit ke 5, 10, 15, 20 dan 25 selama latihan inti. Pada menit ke 5, sebagian besar anak (95%) berada pada skala Borg 12, sedangkan sisanya (5%) berada skala Borg 13. Pada menit ke 10, sebagian besar anak (95%) berada pada skala Borg 14 dan sisanya (5%) berada pada skala Borg 14. Pada menit ke 15, sebagian anak (50%) berada pada skala Borg 15, dan lainnya berada pada skala Borg 14 (25%) dan skala Borg 16 (25%). Pada menit ke 20, kebanyakan anak

(55%) berada pada skala Borg 15, sebagian kecil (45%) berada pada skala Borg 16 dan sisanya (5%) skala Borg 14. Pada menit ke 25, sebagian anak (50%) berada pada skala Borg 15 dan sisanya berada pada skala Borg 16 (45%) dan skala Borg 14 (5%).

Lawson dkk, menyatakan bahwa faktor sosial ekonomi dan penghasilan orangtua berpengaruh terhadap perkembangan fungsi eksekutif anak. Pada penelitian ini tidak didapatkan perbedaan yang bermakna antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol ($p=0,323$). Pada kelompok perlakuan, berdasarkan penghasilan orangtua sebagian besar subyek (95%) berada pada status sosial ekonomi yang cukup (penghasilan 1–5 juta/bulan) dan sisanya (5%) berada dalam status sosial ekonomi yang kurang (<1 juta). Pada kelompok kontrol, sebagian besar subyek (90%) berada pada status sosial ekonomi yang cukup, sisanya status sosial ekonomi kurang (5%) dan status sosial ekonomi yang baik (5%) yaitu berdasarkan penghasilan orangtua > 5 juta.

Skor awal uji fungsi eksekutif TMT-B dan *Stroop CW* antara kedua kelompok tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada skor uji TMT-B pada kelompok perlakuan didapatkan rerata $32,6320 \pm 0,392685$ dan pada kelompok kontrol didapatkan rerata $31,1760 \pm 4,86015$ ($p=0,204$), sedangkan skor uji *Stroop CW* pada kelompok perlakuan $2,2955 \pm 0,34235$ dan pada kelompok kontrol $2,3390 \pm 0,23065$ ($p=0,379$).

Kelompok Kontrol

Pada uji TMT-B didapatkan rerata waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pre test TMT-B $31,1760 \pm 4,86015$ detik dan rerata waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan post test TMT-B $28,9205 \pm 3,79449$ detik, terdapat perbedaan yang signifikan ($p=0,001$). Hal ini mungkin dikarenakan efek pembelajaran yang didapat subyek karena jenis uji yang sama dan dilakukan pada hari yang sama.

Pada uji *Stroop CW* didapatkan rerata waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pre test *Stroop CW* $2,3390 \pm 0,23065$ menit dan rerata waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan post test $2,2595 \pm 0,37305$ menit. Terdapat perbaikan waktu dalam mengerjakan uji ini, hal ini mungkin karena efek pembelajaran yang didapat subyek karena jenis uji yang sama. Namun perbedaan yang didapatkan tidak signifikan ($p=0,104$). Hal ini menunjukkan

pada kelompok kontrol yang tidak mendapat perlakuan latihan aerobik akut, tidak didapatkan perbaikan fungsi eksekutif.

Hasil yang berbeda pada kedua uji ini mungkin karena uji TMT-B lebih sederhana dan lebih mudah dilakukan dibandingkan uji *Stroop CW*.

Kelompok Perlakuan

Pada uji TMT-B didapatkan rerata waktu yang dibutuhkan dalam mengerjakan *pre test* TMT-B $32,6320 \pm 3,92685$ detik dan rerata waktu yang dibutuhkan dalam mengerjakan *post test* TMT-B $25,7435 \pm 4,63849$ detik, dimana terdapat perbedaan hasil yang signifikan ($p=0,001$). Pada uji *Stroop CW* juga didapatkan perbedaan yang signifikan ($p=0,001$) antara *pre test* dan *post test* dengan rerata waktu yang dibutuhkan dalam mengerjakan *pre test* uji *Stroop CW* $2,2955 \pm 0,34325$ menit dan rerata waktu *post test* $1,15795 \pm 0,29062$ menit.

Hasil-hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pirrie dan Lodewyk (2013) yang menunjukkan waktu yang lebih pendek dalam mengerjakan TMT pada anak sekolah dasar kelas 4 SD setelah melakukan latihan aerobik selama 20 menit dan penelitian yang dilakukan oleh Angela dkk (2010) yang menunjukkan peningkatan yang signifikan pada skor TMT-B (waktu yang lebih pendek) setelah melakukan latihan aerobik akut (bersepeda statik) intensitas moderat selama 30 menit dibandingkan sebelum latihan. Hasil ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Sibley, Etnier dan Le Masurier (2007) yang menunjukkan performa yang lebih baik dalam melakukan uji *Stroop CW* setelah partisipan melakukan latihan aerobik intensitas moderat selama 20 menit.

Hasil penelitian ini didukung oleh teori yang menyatakan bahwa selama latihan adrenalin dan noradrenalin terlibat dalam usaha individu untuk mempertahankan homeostasis. Keduanya berperan dalam regulasi respon kardiorespirasi terhadap latihan. Saat intensitas latihan meningkat, hipotalamus dan batang otak menginisiasi kerja simpato adrenal sistem (SAS), yang merupakan bagian dari sistem saraf otonom. Aksi ini menghasilkan noradrenalin dari saraf-saraf post ganglion. Saat intensitas latihan meningkat, terdapat juga pelepasan adrenalin dan pada kadar yang lebih rendah noradrenalin/norepinefrin dari medulla adrenal, kemudian terjadi umpan balik

sistem saraf otonom ke hipotalamus melalui thalamus, sistem aktivasi retikuler dan sistem limbik. Hal ini memicu respon oleh hipotalamus yang menghasilkan peningkatan pelepasan katekolamin perifer dan kemungkinan sentral (norepinefrin atau noradrenergik dan dopamin).^{17,18} Lebih jauh lagi stimulasi norepinefrin atau noradrenergik dari reseptor $\alpha 2$ menginisiasi *cascade* kejadian-kejadian kimiawi yang menyebabkan penutupan saluran ion yang bekerja mengontrol input sinaptik, sehingga menguatkan koneksi sinap serta memungkinkan kerja kortek prefrontal lebih efektif. Sedangkan stimulasi dopaminergik reseptor D1 membuka saluran ion pada *dendritic spines* yang menerima input yang tidak relevan, pembukaan saluran ini akan melemahkan koneksi jaringan yang tidak relevan, mengurangi input yang mengganggu neuron dan meningkatkan efisiensi fungsi kortek prefrontal.^{19,20} Kortek prefrontal merupakan area di otak yang berperan penting dalam fungsi eksekutif. Hal ini juga didukung penelitian yang dilakukan oleh Nakamura (1999), Hilman (2003) dan Kamijo (2004) yang menunjukkan suatu peningkatan *event-related brain potentials* (ERPs) setelah melakukan latihan aerobik akut. Selain itu terdapat literatur yang menyebutkan peningkatan aktivitas kortek prefrontal bilateral pada pemeriksaan dengan *functional magnetic resonance imaging* (fMRI) pada individu yang melakukan latihan aerobik.²¹ Lebih jauh lagi terdapat penelitian yang menyebutkan latihan aerobik dapat meningkatkan aktivitas dari *dorsolateral prefrontal cortex* (DLPFC), serta *anterior cingulate cortex* (ACC) yang tampak pada pemeriksaan *neuroimaging* menggunakan ERP dan fMRI.^{18,22} DLPFC merupakan bagian dari kortek prefrontal yang memiliki peran paling besar dalam fungsi eksekutif terutama komponen *updating of working memory* dan *cognitive flexibility*, sedangkan ACC merupakan bagian dari kortek prefrontal yang berperan dalam proses inhibisi.^{8,23}

Namun efek perubahan neurofisiologis ini hanya bertahan sementara yaitu beberapa menit hingga beberapa jam setelah latihan dihentikan.²⁴ Terdapat penelitian yang menyatakan bahwa efek akut ini dapat bertahan selama 20–40 menit setelah latihan dihentikan.²⁵ Berbeda halnya dengan latihan aerobik yang dilakukan secara teratur yang akan memiliki efek yang bertahan lama karena mekanisme fisiologis yang mendasarinya berbeda yaitu perubahan anatomis dari struktur otak

(melalui proses angiogenesis, sinaptogenesis dan neurogenesis).^{4,24,27} Subyek yang sebelumnya rutin melakukan latihan aerobik juga akan memiliki efek akut segera setelah latihan dihentikan selain efek kronik latihan.²⁷ Hal inilah yang mendasari peneliti mengeksklusi subyek yang sebelumnya berolahraga teratur.

Kelompok Kontrol vs kelompok Perlakuan

Selisih perubahan waktu TMT-B pada kelompok perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pada kelompok perlakuan rerata selisih perubahan waktu $6,8885 \pm 4,10551$ detik, sedangkan pada kelompok kontrol rerata selisih perubahan waktu $2,2555 \pm 2,55916$ detik. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p=0,037$). Pada uji *Stroop CW* juga didapatkan perbedaan yang signifikan selisih perubahan waktu antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol ($p=0,001$). Pada kelompok perlakuan didapatkan rerata selisih waktu uji *Stroop CW* $0,7160 \pm 0,25307$ menit, sedangkan pada kelompok kontrol didapatkan rerata selisih waktu uji *Stroop CW* $0,0795 \pm 0,32377$ menit.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan pada kelompok perlakuan yang mendapat latihan aerobik akut membutuhkan waktu yang lebih pendek dalam mengerjakan uji TMT-B dan uji *Stroop CW* dibandingkan dengan kelompok kontrol dengan perbedaan yang signifikan. Uji *stroop CW* merupakan uji fungsi eksekutif yang memiliki validitas dan realibilitas yang baik dalam menilai fungsi eksekutif terutama komponen inhibisi. Sedangkan TMT-B merupakan uji fungsi eksekutif yang memiliki validitas dan reabilitas yang baik dalam menilai fungsi eksekutif terutama komponen *updating of working memory* dan *cognitive flexibility (shifting)*. Sehingga dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa latihan aerobik akut meningkatkan fungsi eksekutif dalam semua komponen.

Hasil penelitian ini juga didukung penelitian yang dilakukan oleh Chang dkk (2012) yang menilai efek latihan aerobik akut intensitas moderat selama 30 menit pada anak ADHD berusia 9–12 tahun, dengan hasil perbaikan waktu yang signifikan dalam menyelesaikan uji *Stroop CW* dan *Winconsin Card Sorting Test* pada kelompok perlakuan namun tidak diikuti perbaikan yang signifikan pada kelompok kontrol serta penelitian yang dilakukan

oleh Chang, Tsai, Hung dkk (2011) yang menyatakan bahwa latihan aerobik akut dapat meningkatkan fungsi eksekutif yang dinilai menggunakan *Tower of London task*. *Tower of London task* merupakan suatu uji fungsi eksekutif yang dapat menilai fungsi eksekutif dalam semua komponen. Penelitian yang dilakukan oleh Nanda, Balde dan Manjunatha (2013) juga menunjukkan peningkatan berbagai aspek fungsi kognitif yaitu *memory*, perencanaan dan *reasoning* setelah melakukan latihan aerobik akut.

Keterbatasan penelitian ini diantaranya adalah penelitian ini tidak menilai pola asuh orang tua serta hubungan orang tua dan anak yang mungkin dapat berpengaruh pada fungsi eksekutif anak. Peneliti telah mengeksklusi anak yang rutin melakukan olahraga karena dapat mengganggu efek latihan aerobik akut, namun aktivitas keseharian yang dilakukan anak di rumah serta perbedaan kegiatan ekstrakurikuler anak tidak dapat disingkirkan oleh peneliti.

SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini yaitu didapatkan peningkatan yang signifikan skor uji TMT-B, namun tidak didapatkan peningkatan yang signifikan pada skor uji *Stroop CW* pada kelompok kontrol, didapatkan peningkatan yang signifikan baik pada skor uji TMT-B maupun skor uji *Stroop CW* pada kelompok perlakuan, terdapat perbedaan yang bermakna selisih perubahan skor uji TMT-B dan *Stroop CW* antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol.

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi orangtua dan guru mengenai manfaat latihan aerobik terhadap perkembangan kognitif anak SD usia 9–12 tahun, sehingga diharapkan dapat memotivasi orangtua dan guru agar mendorong anak maupun anak didik mereka untuk melakukan latihan aerobik.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut pada berbagai kelompok umur dengan jumlah sampel yang lebih besar serta metode pengendalian faktor perancu yang lebih ketat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chamidah AN. Deteksi Dini Pertumbuhan dan Perkembangan Anak. 2009. Available at: http://eprints.uny.ac.id/4226/2/deteksi_dini_gangguan_tumbang.pdf
2. Fuentes LJ, et al. Sensitivity of certain standardised test to executive attention functioning in seven-year-old children. Spain: Electronic Journal of Research in Educational Psychology, University of Almeria; 2003
3. Roebens CM, Cimeli P, Röthlisberger M, Neuenschwander R. Executive functioning, metacognition, and self-perceived competence in elementary school children: an explorative study on their interrelations and their role for school achievement. *Metacognition and Learning*. In Azevedo R, ed. *Metacognition and Learning*. New York: Springer; 2012
4. Best JR. Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*. 2010;30:331-351
5. Vicente SF, Larigauderie P, Gaonac'h D. More dissociations and interactions within central executive functioning: A comprehensive latent-variable analysis. *Acta Physiologica*. 2008;1-29
6. Thorell LB, Lindqvist S, Nutley SB, Bohlin G, Klingberg T. Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*. 2009;12(1): 106-13
7. Van der Donk MLA, Beernink ACH, Kalf ACT, Van der Leij AJ, Lindauer RJL. Interventions to improve executive functioning and working memory in school-aged children with AD(H)D: a randomised controlled trial and stepped-care approach. *BMC Psychiatry*. 2013; 3 (23):1-10
8. Chang YK, Liu S, Yu HH, Lee YH. Effect of Acute Exercise on Executive Function in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2012;27: 225-237
9. Cubillo IS, Periáñez JA, Roig DA, Sánchez MR, Lago MR, Tirapu J, et al. Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2009;15: 438-50.
10. Drake VJ. Micronutrients and cognitive function. Available at: <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/cognition.html>
11. Patricia KW, Penny H, Taylor HG, Abubakar A, Kvalsvig J, Connolly K. Nutrition as an important mediator of the impact of background variables on outcome in middle childhood. *Frontiers in Human neuroscience*. 2013; 7 (713): 1-11.
12. Kar BR, Rao SL, Chandramouli BA. Cognitive development in children with chronic protein energy malnutrition. Behavioral and brain function. *BioMed Central*. 2008; 4(31): 1-12.
13. Pottegier JA. Exercise Physiologi. ACSM's Introduction to exercise science. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p 76-81
14. Corsi DJ, Subramanyam MA, Subramanian SV. Commentary: measuring nutritional status of children. *International Journal of Epidemiology*. 2011;40 :1030-36.
15. Ivanovic DM, Leiva BP, Perez HT, Olivares MG, Diaz NS, Urrutia MS, et al. Head size and intelligence, learning, nutritional status and brain development. *Head, IQ, learning, nutrition and brain*. 2004;42(8):1118-31.
16. Branas A. Exercise for healthy living. Available at: <http://www.phillyrehab.com>
17. McMorris T. Exercise and Cognition: Towards an Inter-Disciplinary Model. *The Open Sports Medicine Journal*. 2008;2:60-8
18. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and Cognition. *Nature reviews neuroscience*. 2008;9:58-65
19. Robbins TW, Roberts AC. Differential Regulation of Fronto-Executive Function by the Monoamines and Acetylcholine. *Cerebral Cortex Oxford Journal*. 2007;17: 151-60
20. Robbins TW, Roberts AC. The Neuropsychopharmacology of Fronto-Executive Function: Monoaminergic Modulation. *Annu Rev Neurosci*. 2009; 32: 267-87
21. Swain RA, Berggren KL, Kerr AL, Patel A, Peplinski C, Sikorski AM. On Aerobic Exercise and Behavioral and Neural Plasticity. *Brain Sci*. 2012; 2: 709-44.
22. Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, Kato M, Okamoto M, Kyutoku Y, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *NeuroImage journal*. 2010; 50: 1702-10.
23. Hillman CH, Pontifex MB, Raine LB, Castelli DM, Hall EE, Kramer AF. The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience Journal*. 2009; 59: 1044-54.
24. Audiffren M. Acute exercise and psychological functions: a cognitive-energetic approach. In: McMorris T, Toporowski P, Audiffren M. editors. *Exercise and cognitive function*. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd; 2009. p1-39.
25. O'Leary KC, Pontifex MB, Scudder MR, Brown ML, Hillman CH. The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and video game play on cognitive control. *Clinical Neurophysiology*. 2011;122: 1518-25.
26. Hillman CH, Kamijo K, Pontifex MB. The Relation of ERP Indices of Exercise to Brain Health and Cognition. Available at: http://education.msu.edu/kin/hbcl/_articles/Hillman_2012_TheRelationofERP.pdf.
27. Pesce C. An integrated approach to the effect of acute and chronic exercise on cognition: the linked role of individual and task constraints. In: McMorris T, Toporowski P, Audiffren M. editors. *Exercise and cognitive function*. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd; 2009. p215-18.