

PENDIDIKAN JASMANI DAN PRESTASI AKADEMIK: TINJAUAN NEUROSAINS

Oleh Rachmah Laksmi Ambardini
Universitas Negeri Yogyakarta

Abstract

Physical education class is only 2 hours per week. Physical inactivity is a leading contributor to obesity and chronic disease. Numerous studies have shown positive relationships between academic achievement and physical activity. The mechanisms by which students may improve academic achievement as a result of increased physical activity through physical education included improved attention, mood, motivation, cognitive function, and neuroplasticity. Physical activity, especially aerobic activity, increased neurotransmitter activity, blood flow to the brain, and production BDNF (brain-derived neurotrophic factor). BDNF is responsible for neuron's creation, survival, and resistance to damage and stress, which is support learning.

Kata kunci: pendidikan jasmani, prestasi akademik, fungsi otak

PENDAHULUAN

Saat ini, ada kecenderungan meningkatnya jumlah anak dan remaja yang tidak aktif secara fisik. Di sisi lain, pelajaran pendidikan jasmani di sekolah hanya mendapat porsi 2 jam pelajaran dalam satu minggu. Bahkan ada kebijakan di beberapa sekolah, yang mengurangi jam pelajaran pendidikan jasmani dan menggantikannya dengan mata pelajaran lain sebagai upaya meningkatkan prestasi akademik peserta didik, misalnya dalam ujian akhir nasional. Namun demikian, sebetulnya belum ada bukti ilmiah yang mengindikasikan bahwa prestasi akademik akan meningkat jika pelajaran pendidikan jasmani dikurangi atau dihapus. Sejumlah studi bahkan memperlihatkan hubungan positif antara prestasi akademik dan aktivitas fisik.

Dasar pendidikan jasmani adalah gerak, dan penelitian menyebutkan bahwa gerak memberi efek positif bagi tubuh, baik fisik maupun mental, termasuk kemampuan kognitif dan emosional. Dikatakan bahwa pendidikan jasmani berpengaruh terhadap kondisi fisik, mental, dan intelektual individu yang terlibat di dalamnya. Bagaimanakah kontribusi pendidikan jasmani dalam pencapaian prestasi akademis peserta didik? Bagaimanakah peran pendidikan jasmani dalam pembentukan kepribadian peserta didik? Adakah penjelasan neurosains dalam hal ini? Artikel ini akan membahas permasalahan di atas.

PENTINGNYA AKTIVITAS FISIK

Saat ini sebagian besar anak sekolah berangkat ke sekolah dengan kendaraan bermotor, baik mobil, motor, maupun bis, dan hanya sedikit yang bersepeda atau berjalan kaki. Sementara waktu luang lebih banyak dimanfaatkan untuk menonton TV atau main *game*. Kondisi ini membuat anak-anak sekolah banyak yang tidak aktif secara fisik. Seorang anak yang tidak aktif secara fisik cenderung tidak aktif di masa dewasa dan meningkatkan risiko obesitas yang pada akhirnya juga meningkatkan prevalensi penyakit kronik degeneratif, seperti hipertensi, diabetes melitus, dan jantung. Obesitas merupakan masalah kesehatan serius. Lebih dari sepertiga anak dan remaja mengalami kelebihan berat badan atau obesitas, dan kurangnya aktivitas fisik berkontribusi terhadap epidemik obesitas (CDC, 2006).

Tuntutan untuk meningkatkan nilai akhir menyebabkan pihak sekolah mempertanyakan manfaat pendidikan jasmani dan program aktivitas fisik lainnya. Hal ini mungkin yang menjadi pertimbangan mendasar dalam mengurangi jam pelajaran pendidikan

jasmani. Penelitian Carison et al (2008) menunjukkan bahwa pendidikan jasmani tidak berdampak negatif terhadap prestasi akademik siswa, bahkan pada siswa perempuan terdapat peningkatan nilai matematika dan membaca pada siswa yang mendapat pendidikan jasmani lebih banyak. Hasil tersebut mempunyai implikasi bahwa alasan mengurangi jam pendidikan jasmani tidak mendasar. Menurut CDC (2006), aktivitas fisik melalui pendidikan jasmani membantu membentuk dan mempertahankan tulang dan otot yang sehat, membantu mengontrol berat badan, membentuk otot dan mengurangi lemak, mengurangi depresi, kecemasan, serta mencegah atau memperlambat hipertensi dan membantu mengurangi tekanan darah pada beberapa remaja yang menderita hipertensi.

Anak-anak membutuhkan sejumlah kesempatan di sekolah untuk aktif, dan pendidikan jasmani dapat menjadi sarana. Pendidikan jasmani memberi kesempatan siswa untuk aktif dan dalam jangka panjang hal ini dapat menjadi strategi untuk mengurangi angka obesitas di masa mendatang (Carison et al, 2008). Riset memperlihatkan bahwa program pendidikan jasmani yang didesain dengan baik dan diimplementasikan dapat mendorong anak untuk aktif secara fisik dan memperlihatkan efek positif pada nilai akademis, termasuk peningkatan konsentrasi, memperbaiki kemampuan matematika, membaca, menulis, dan mengurangi perilaku mengganggu. Kondisi aerobik tampaknya membantu fungsi memori. Aktivitas fisik mempunyai pengaruh pada lobus frontalis, suatu area otak untuk konsentrasi mental dan perencanaan (Podulka, 2006).

Mekanisme bagaimana siswa dapat meningkatkan prestasi akademik sebagai hasil dari aktivitas fisik melalui pendidikan jasmani diantaranya adalah meningkatnya motivasi dan berkurangnya rasa bosan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan rentang perhatian dan konsentrasi (Podulka et al, 2006). Berat ringannya aktivitas fisik ternyata juga berpengaruh terhadap prestasi akademis. Penelitian Podulka (2006) memperlihatkan bahwa aktivitas fisik intensitas tinggi berkaitan erat dengan meningkatnya prestasi akademis, sementara aktivitas fisik intensitas sedang tidak berhubungan secara bermakna dengan prestasi akademik.

Aktivitas Fisik dan Prestasi Akademik

Prestasi akademik adalah hasil belajar siswa pada mata pelajaran di luar pendidikan jasmani, seperti matematika, sains, dan bahasa, serta hasil ujian akhir. Ada 14 penelitian yang dipublikasikan dengan menganalisis data sekitar 58.000 siswa antara tahun 1967-2006 yang menginvestigasi keterkaitan antara partisipasi dalam aktivitas fisik dan prestasi akademik. Sebelas studi menemukan bahwa partisipasi reguler dalam aktivitas fisik berhubungan erat dengan peningkatan prestasi akademik.

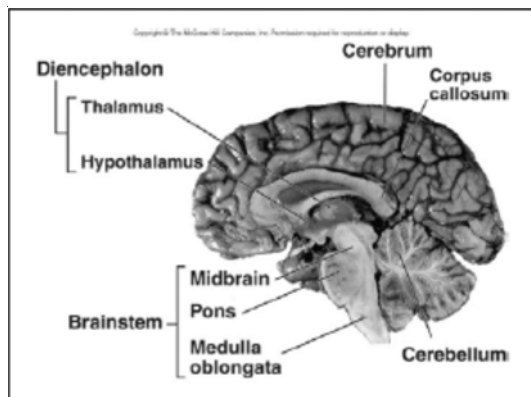
Sementara 8 survei kesehatan yang melibatkan populasi yang mewakili anak-anak dan remaja dari Amerika, Inggris, Hongkong, dan Australia mendapatkan korelasi positif antara partisipasi dalam aktivitas fisik dan prestasi akademik (Trust, 2007). Bukti-bukti yang menyokong hubungan antara aktivitas fisik dan peningkatan prestasi akademik diperkuat oleh penelitian terkait yang menemukan bahwa kebugaran jasmani yang lebih tinggi terkait dengan peningkatan prestasi akademik. Studi nasional di Australia menemukan bahwa skor kebugaran jasmani berhubungan secara bermakna dengan prestasi akademik. Studi ini melibatkan siswa dari sekolah dasar sampai Sekolah Menengah Atas (Dwyer et al, 2001).

TINJAUAN NEUROSAINS

Mengenal Otak

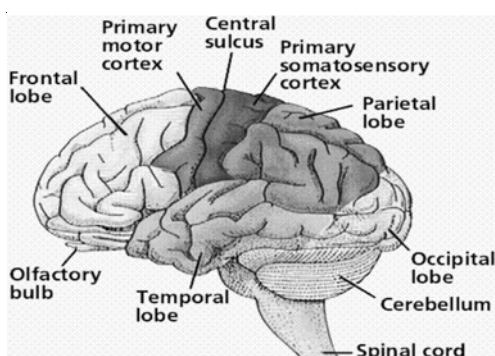
Berdasarkan asal perkembangan otak, otak terdiri atas tiga bagian besar, yaitu otak depan (*forebrain*), otak tengah (*midbrain*), dan otak belakang (*hindbrain*). Otak depan terdiri atas 2 bagian penting, yaitu otak besar (*cerebrum*) dan *diencephalon*. Dilihat dari atas, cerebrum terbagi menjadi 2 belahan, yaitu hemisfer kanan dan kiri. Kedua belahan dihubungkan oleh jembatan saraf yang disebut corpus callosum. Otak kiri mengatur hal-hal yang bersifat rasional, terutama menyangkut proses berbahasa dan matematika, sedangkan otak kanan mengatur hal-hal yang bersifat intuitif dan berhubungan dengan seni dan kreativitas. Koordinasi dan kontrol bagian tubuh terjadi secara bersilangan. Tangan dan kaki kanan diurus otak kiri dan sebaliknya, tangan dan kaki kiri diurus otak kanan. Bagian paling penting dari diencephalon adalah *thalamus* dan *hypothalamus*.

Otak belakang terdiri atas otak kecil (*cerebellum*), *pons*, dan *medulla oblongata*. Otak tengah bersama *pons* dan *medulla oblongata* membentuk batang otak (*brain stem*).



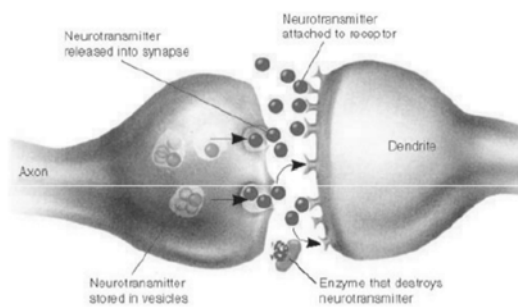
Gambar 1. Klasifikasi otak berdasarkan asal perkembangan

Otak besar terdiri atas bongkahan besar yang disebut lobus, yaitu lobus frontal (di bagian depan, di dahi), lobus occipital (di bagian belakang kepala), lobus temporal (di sekitar telinga), dan lobus parietal (di puncak kepala). Lobus frontal bertanggung jawab untuk kegiatan berpikir, perencanaan, dan penyusunan konsep. Lobus temporal bertanggung jawab terhadap persepsi suara dan bunyi, juga memori dan kegiatan berbahasa (terutama di belahan kiri). Lobus parietal bertanggung jawab untuk kegiatan berpikir, terutama pengaturan memori di kulit otak. Lobus occipitalis mengatur kerja penglihatan.



Gambar 2. Lobus-lobus otak

Otak bekerja secara elektrokimiawi. Di sepanjang serabut saraf, aliran impuls berjalan secara elektrik, karena perbedaan kadar ion di dalam dan di luar sel. Di sinapsis, saraf berkomunikasi secara kimiawi melalui zat kimia saraf yang disebut neurotransmitter.



Gambar 3. Cara komunikasi saraf

Beberapa neurotransmitter yang terkait dengan latihan fisik, menurut Ratey (2008) adalah sebagai berikut: (1) Norepinefrin. Norepinefrin berfungsi memperbaiki mood, motivasi intrinsik, dan kepercayaan diri, memperbaiki persepsi, dan pembelajaran tingkat selular. Dikatakan, latihan fisik akut maupun kronis mampu meningkatkan norepinefrin otak; (2) Serotonin. Serotonin berfungsi mengatur mood, mengontrol impuls, menimbulkan kepercayaan diri, melawan efek toksik tingginya kadar hormon stres, dan memperbaiki proses belajar dalam tingkat selular; (3) Dopamin. Latihan fisik dikatakan dapat mempengaruhi sintesis, pelepasan, dan pengambilan kembali dopamin. Dopamin meningkat selama berlangsung perilaku motorik. Semakin besar intensitas, semakin besar peningkatannya. Latihan teratur dapat meningkatkan jumlah enzim yang membuat dopamin dan mengubah kerja dopamin di membran *postsinaptik*.

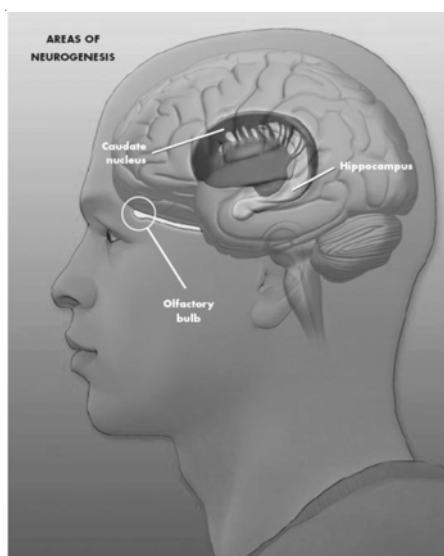
Proses Neurogenesis

Riset pada dekade terakhir menunjukkan bahwa otak orang dewasa pun mampu membentuk sel saraf (neuron) baru, suatu proses yang disebut neurogenesis. Neuro-neuron baru bertahan hidup dan mengintegrasikan diri mereka ke dalam struktur otak. Hal tersebut mengindikasikan potensi otak untuk menyembuhkan dirinya sendiri. Untuk bertahan hidup dan menjadi bagian dari struktur aktif otak, neuron baru memerlukan dukungan tidak hanya dari sel-sel penyokong saraf (sel glia) dan nutrisi melalui darah, tetapi yang lebih penting adalah dukungan dari hubungan dengan sel saraf lain (sinapsis). Tanpa hubungan ini, saraf akan mati. Riset juga menunjukkan bahwa daerah yang paling aktif mengalami neurogenesis adalah hipokampus, suatu daerah yang

terletak pada otak bagian dalam, yang terlibat dalam proses belajar dan memori (van Essen, 2007). Ribuan sel-sel baru diproduksi di hipokampus setiap hari, meskipun banyak yang mati beberapa minggu setelah terbentuk.

Selanjutnya van Essen menjelaskan bahwa studi pada binatang menunjukkan adanya korelasi antara proses belajar dan daya tahan neuron baru dalam hipokampus. Semakin banyak belajar, semakin banyak neuron yang bertahan hidup di hipokampus. Bukti-bukti menunjukkan bahwa latihan fisik tidak hanya baik untuk kesehatan jantung, tetapi juga baik untuk otak. Individu yang rutin melakukan latihan fisik mempunyai neuron baru di hipokampus dua kali lebih banyak daripada individu yang tidak melakukan latihan fisik.

Riset lain menemukan bahwa beta endorfin, suatu substansi yang dapat meningkatkan mood, yang dihasilkan oleh hipotalamus dan kelenjar pituitary ikut berperan dalam menjelaskan efek latihan pada otak. Di hipokampus, latihan fisik meningkatkan jumlah neuron baru dan kemampuan neuro untuk bertahan hidup. Namun demikian, pada individu yang tidak menghasilkan beta endorfin, tetapi melakukan latihan fisik memperlihatkan tidak adanya perubahan dalam neurogenesis. Kekuatan suatu memori terkait dengan seberapa banyak neuro baru dalam otak selama proses belajar (van Essen, 2007).



Gambar 4. Area otak tempat neurogenesis: hipokampus, nukleus kaudatus, dan bulbus olfaktorius

Pendidikan Jasmani dan Fungsi Kognitif

Banyak hal yang mempengaruhi prestasi belajar seseorang, seperti lingkungan yang kondusif, faktor genetik, sikap, kapasitas belajar seseorang, kurikulum, motivasi belajar, dan lain-lain. Penelitian terbaru tentang otak mendukung pentingnya pendidikan jasmani yang berkualitas. Siswa yang aktif secara fisik mempunyai keuntungan dalam belajar. Penelitian (Caterino, 1999) dalam Blaydes (2001) menyimpulkan bahwa fokus mental dan tingkat konsentrasi siswa meningkat secara bermakna sesudah aktivitas fisik yang terstruktur. Temuan tersebut menyarankan bahwa latihan fisik seperti lari, lompat, dan permainan aerobik berpengaruh pada lobus frontalis otak, area yang berperan pada konsentrasi mental, perencanaan, dan pengambilan keputusan. Aktivitas fisik 30 menit setiap hari dapat menstimulasi otak. James & Frank (1996) dalam Blaydes (2001) menyebutkan bahwa anak-anak yang mendapat pendidikan jasmani setiap hari memperlihatkan kebugaran motorik, kinerja akademik, dan sikap yang lebih baik dibandingkan dengan anak yang tidak mendapatkan pendidikan jasmani.

Penelitian-penelitian di atas menunjukkan bahwa pendidikan jasmani berperan pada fungsi kognitif.

Dalam kaitan dengan pendidikan jasmani, ada unsur gerak, aktivitas fisik, dan latihan fisik yang terstruktur. Bergerak berfungsi menyiapkan otak untuk belajar secara optimal. Dengan bergerak, aliran darah ke otak lebih tinggi, sehingga suplai nutrisi lebih baik. Otak membutuhkan nutrisi, terutama berupa oksigen dan glukosa. Glukosa bagi otak merupakan bahan bakar utama supaya otak dapat bekerja optimal. Setiap kali seseorang berpikir, akan menggunakan glukosa. Aktivitas otak diukur dari penggunaan glukosa. Di sisi lain, kurangnya suplai oksigen ke otak dapat menimbulkan disorientasi, bingung, kelelahan, gangguan konsentrasi, dan masalah daya ingat. Aktivitas fisik melalui pendidikan jasmani memberi otak suplai nutrisi yang diperlukan.

Saat seseorang melakukan latihan fisik, otak mencapai kondisi homeostatis, keseimbangan kandungan zat-zat kimia otak, hormon, dan fungsi sistem-sistem dalam otak. Sebaliknya apabila keseimbangan otak terganggu, misalnya karena nutrisi yang kurang baik dan kurangnya aktivitas fisik,

siswa tidak dalam keadaan yang baik untuk belajar. Bergerak, aktivitas fisik, dan latihan fisik mengubah situasi belajar menjadi lebih tepat untuk menerima dan mempertahankan informasi yang dipelajari.

William Greenough (2006) menemukan bahwa latihan fisik dalam lingkungan yang kondusif menyebabkan pembentukan koneksi sinaptik (antar sel saraf) dalam jumlah besar. Latihan fisik akan memperkuat area-area otak seperti ganglia basalis, serebelum, dan korpus kalosum. Selain itu, kepadatan korteks meningkat dan kemampuan memecahkan masalah lebih baik. Van Praag (1999) menyebutkan bahwa lari dan aktivitas aerobik lainnya menyebabkan pertumbuhan dan regenerasi sel-sel otak. Aktivitas aerobik dapat melepaskan endorfin, suatu zat kimia saraf yang menyebabkan efek relaks, kondisi yang mendukung kesadaran penuh, dan mengurangi gejala depresi. Latihan fisik juga cenderung meningkatkan kadar glukosa, serotonin, epinefrin, dopamin (zat-zat kimia saraf) yang berpengaruh pada pengaturan perilaku. Seseorang yang lebih bugar mempunyai respon kognitif yang cepat, yang diukur berdasarkan waktu reaksi, yaitu kecepatan seseorang memproses informasi, rentang memori dan kemampuan memecahkan masalah. Tampaknya aktivitas aerobik tidak hanya meningkatkan aliran darah ke otak, tetapi juga kecepatan reaksi dan keterampilan memecahkan masalah. Peneliti lain menyatakan bahwa latihan fisik mampu memicu pelepasan BDNF (*brain-derived neurotrophic factor*), suatu faktor yang memungkinkan satu sel saraf berkomunikasi dengan sel saraf yang lain.

Gerakan-gerakan yang menyilang garis tubuh dapat mengorganisasi fungsi otak dengan lebih baik. Gerakan yang menyilang garis tengah tubuh memungkinkan otak untuk mengatur dirinya sendiri. Saat siswa menampilkan aktivitas gerak menyilang, aliran darah akan meningkat di semua bagian otak dan membuatnya lebih baik dan lebih kuat, serta dapat belajar lebih menyatu. Gerak yang menyilang garis tengah tubuh menyatukan daerah motorik yang menyokong fungsi kognitif di otak, yaitu serebelum, ganglia basalis, dan korpus kalosum, yang dapat menstimulasi produksi neurotropin yang meningkatkan jumlah koneksi sinaptik. Hampir

semua aktivitas yang dilakukan dalam pendidikan jasmani menyilang garis tengah tubuh dan membutuhkan koordinasi berbagai sistem di otak.

Menurut Ratey (2008), latihan fisik dapat meningkatkan atensi dan motivasi dengan cara meningkatkan kadar dopamin dan norepinefrin, membuat mood lebih positif, kecemasan lebih rendah, dan rasa percaya diri lebih tinggi. Selain itu, efek latihan fisik adalah meningkatkan aktivitas neurotransmitter, memperbaiki aliran darah, dan memicu produksi faktor pertumbuhan otak (*brain growth factor*). Dengan demikian, latihan fisik menyiapkan sel saraf untuk terhubung lebih mudah dan lebih kuat. Latihan fisik dapat meningkatkan aliran darah ke otak sehingga pembuluh darah terstimulasi dan akses otak untuk mendapatkan energi dan oksigen meningkat dan lebih mudah menghilangkan produk-produk pecahannya. Meningkatnya aliran darah ke otak menyebabkan stimulasi secara khusus gyrus dentata, suatu area otak yang membantu pembentukan memori. Selain itu, meningkatnya serotonin, dopamin, BDNF akibat latihan fisik akan memperkuat ikatan antar sel saraf. BDNF bertanggung jawab pada pembentukan, dan daya tahan saraf terhadap kerusakan dan stres, dan banyak diemukan di hipokampus, suatu area otak yang secara langsung terlibat dalam proses belajar. Di samping itu, latihan fisik bermanfaat untuk fungsi perencanaan dan pengambilan keputusan. Davis et. Al. (2007) menemukan bahwa latihan aerobik 40 menit per hari, 5 hari per minggu, selama 15 minggu bermanfaat untuk meningkatkan fungsi perencanaan, pengorganisasian, pemecahan masalah, konsentrasi, dan penggunaan strategi untuk mencapai tujuan. Pada scanning otak terlihat bahwa pada siswa yang diteliti tampak lebih banyak aktiitas saraf di bagian frontal otak, suatu area yang bertanggung jawab pada fungsi-fungsi tersebut di atas.

Manfaat Aktivitas Fisik dalam Pendidikan Jasmani

Blaydes (2001) menganjurkan aktivitas fisik sekurangnya 30 menit setiap hari. Blaydes mengemukakan bahwa saat seseorang melakukan latihan fisik selama sekurangnya 30 menit, terjadi perubahan-perubahan positif di otak dan tubuh yang

dapat meningkatkan kinerja siswa. Manfaat-manfaat aktivitas fisik tersebut adalah sebagai berikut: (1) Gerakan motorik kasar yang dilakukan berulang-ulang dapat memperkuat cabang-cabang dendrit sekunder (bagian saraf yang dapat mengingat detail). Latihan fisik setiap hari memungkinkan mengingat yang dipelajari 48 jam terakhir. Hal tersebut menjadi alasan mengapa aktivitas fisik perlu dilakukan setiap hari, (2) Terjadi proses neurogenesis, terutama di hipokampus sebagai pusat belajar dan memori, (3) Terbentuknya BDNF (*brain derived neurotropic factor*) menyebabkan neuron dapat bekerja dengan lebih efisien. BDNF adalah suatu neurotropin yang berfungsi sebagai regulator survival, pertumbuhan, dan diferensiasi neuron selama perkembangan sampai sistem saraf dewasa, (4) Suplai oksigen dan glukosa ke otak lebih baik, (5) Sistem vestibular diaktivasi untuk keseimbangan yang lebih baik, sehingga memungkinkan siswa untuk membaca dengan lebih baik, (6) Gerakan menyilang garis tengah tubuh dapat mengintegrasikan dan membuat otak lebih fokus, (7) Latihan fisik mengaktifkan substansi kimia otak yang mengurangi stres dan meningkatkan rasa percaya diri, (8) Otak memerlukan waktu untuk mengkonsolidasikan informasi baru untuk mengubah memori jangka pendek ke memori kerja dan selanjutnya ke memori jangka panjang. Latihan fisik membantu memantapkan informasi baru.

Hal sebaliknya terjadi pada individu yang tidak aktif, seperti hanya duduk di kursi, akan menghambat proses belajar. Saat seseorang duduk di kursi lebih dari 17 menit, darah mulai mengumpul di otot hamstring dan otot betis, mengambil oksigen dan glukosa yang dibutuhkan otak. Melatonin menurun karena otak mengira dalam keadaan istirahat. Pembelajar menjadi lesu, mengantuk, dan kesulitan untuk fokus.

Bergerak adalah cara tubuh untuk menyeimbangkan dirinya sendiri secara fisik, kimiawi, elektrik, maupun emosional. Latihan fisik memungkinkan otak dan tubuh mencapai keseimbangan yang menciptakan situasi belajar yang baik bagi siswa. Siswa yang aktif akan belajar dengan lebih baik. Dengan melibatkan siswa untuk melakukan aktivitas fisik sekurangnya 30 menit setiap hari, berarti memberi keuntungan bagi siswa dalam proses belajar.

PENUTUP

Mengurangi atau menghapuskan aktivitas fisik dari program sekolah menimbulkan kerugian bagi siswa. Pendidikan jasmani yang berkualitas setiap hari menjadi esensial untuk proses belajar yang optimal. Apabila kurikulum tidak memungkinkan untuk diubah, maka sangat dianjurkan untuk membuat siswa aktif di kelas, yaitu dengan menyisipkan aktivitas fisik dengan setting kelas pada mata pelajaran lain.

Aktivitas fisik dikatakan dapat meningkatkan fungsi kognitif melalui perbaikan *hipocampus* yang berperan pada pembelajaran spasial, melalui plastisitas sinaptik, dan neurogenesis (van Praag et al., 1999). Lebih jauh dijelaskan bahwa aktivitas fisik berpengaruh baik pada fungsi kognitif karena dapat meningkatkan kadar faktor pertumbuhan saraf (*nerve growth factor*) yang menyokong daya survival dan pertumbuhan jumlah sel-sel saraf sehingga semakin cerdas pemilikinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Blaydes, Jean. (2001). *A Case for Daily Quality Physical Education*. Tersedia on line dalam www.actionbasedlearning.com. Diakses pada 30 Maret 2008.
- _____. (2001). *Why is 30 minutes of Physical Activity Important?* Tersedia on line dalam www.actionbasedlearning.com. (Diakses 30 Maret 2008)
- Carison, Susan A, Fulton, Janet E, Lee, & Sarah M. (2008). "Physical Education and Academic Achievement in Elementary School: Data From the Early Childhood Longitudinal Study". *Am J Public Health*, Vol. 98, No. 4.
- CDC. (2006). *What does Physical Activity for Kids?* Available on line at www.cdc.org.
- Davis, C.L., Tomporowsk, P.D., & Boyke, C.A. (2007). "Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial". *Research Quarterly of Exercise & Sport*. 78 (5):510-9.
- Dwyer, T, Sallis JF, Blizzard L, Lazarus N, Dean K. (2001). "Relation of Academic Performance to Physical Activity and Fitness in Children". *Pediatric Exercise Science*, 13: 225-237.
- Podulka, Dwan, Pivarnik, James M, & Womack, C.J. (2006). "Effect of Physical Education and Activity

Levels on Academic Achievement in Children".
Med.Sci. Sports Exerc., Vol. 38, pp. 1515-1519.

Trust, Stewart G. (2007). *Active Education: Physical Education, Physical Activity, and Academic Performance*. Active Living Research. A National Program of the Robert Wood Johnson Foundation. www.activelivingresearch.org.

Van Essen, David. 2007. *Adult Neurogenesis*. Society fo Neuroscince. Available on line at www.sfn.org.

van Praag H, Kempermann G, Gage FH. (1999). "Ontogeny Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus." *Nature Neuroscience*. 2 (3): 266-70.

William Greenough. 2006. *Perspective: Rich Experiences, Physical Activity Healthy Brains*. National Scientific Council on the Developing Child. Available on line at www.developingchild.net