

Peranan EEG biofeedback sebagai terapi anak dengan *attention deficit/hyperactivity disorder*

Role of electroencephalography biofeedback as treatment in children with attention deficit/hyperactivity disorder

Ahmad Asmedi*, Sri Sutarni*, Milasari Dwi Sutadi**

*Bagian Ilmu Penyakit Saraf Fakultas Kedokteran UGM

**RSUD dr. Tjitrowardojo, Purworejo

ABSTRACT

Keywords:
attention deficit/hyperactivity disorder; electroencephalography biofeedback, treatment

Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is a neurobehavioral disorder characterized by inattention, hyperactivity and impulsivity. Methylphenidate for reducing ADHD symptoms, remain have side effects that may preclude the use of this drug clinically. Methylphenidate work with a short duration and the plasma levels fluctuate throughout the day. Increasing the non compliance event. EEG biofeedback as an alternative therapy for ADHD is based on the finding that 80-90% of individuals with ADHD showed hypoarousal state in the frontal region, signed by excess of theta waves, beta waves deficiency in EEG examination. The concept of EEG biofeedback is normalize brain waves by train the patients to reduce the symptoms of ADHD by increasing beta waves and decreasing theta waves. This review found that EEG biofeedback has the same effect as a stimulant drug and can be used in combination with pharmacologic therapy and proven to have long-term effects to 6 months.

ABSTRAK

Kata kunci:
attention deficit/hyperactivity disorder; electroencephalography biofeedback, terapi

Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) merupakan gangguan neurobehavioral yang ditandai adanya inatensi, hiperaktivitas dan impulsivitas. Penggunaan obat-obat seperti methylphenidate untuk mengurangi gejala ADHD, memiliki efek samping yang dapat menghalangi penggunaan dosis klinis yang efektif. Methylphenidate bekerja dengan durasi singkat, kadar dalam plasma berfluktuasi sepanjang hari, sehingga berpengaruh pada kepatuhan minum obat dan sekitar 25-35% dari pasien ADHD tidak merespons obat stimulan. EEG biofeedback sebagai terapi alternatif untuk ADHD berdasarkan temuan bahwa 80-90% individu dengan ADHD menunjukkan keadaan hypoarousal di daerah frontal, ditandai dengan kelebihan gelombang theta, kekurangan gelombang beta. Konsep EEG biofeedback adalah bahwa otak dapat dilatih untuk menormalkan gelombang otak dengan meningkatkan gelombang beta dan mengurangi gelombang theta dan tujuannya adalah mengurangi gejala ADHD. Review ini mendapatkan bahwa EEG biofeedback mempunyai efek yang sama dengan obat stimulan, dapat dimanfaatkan sebagai kombinasi dengan terapi farmakologis dan terbukti mempunyai efek jangka panjang sampai 6 bulan.

Correspondence:

Ahmad Asmedi, email: ahmad.asmedi@ugm.ac.id

PENDAHULUAN

Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) merupakan gangguan neurobehavior yang sering terjadi pada anak yang dapat mempengaruhi prestasi akademik, kesejahteraan dan interaksi sosial anak.^{1,2} ADHD merupakan gangguan kesehatan yang bersifat kronis yang sering mengenai anak usia sekolah yang ditandai adanya inatensi, hiperaktif dan impulsif.³ Berdasarkan gejala yang mendominasi, ADHD dibagi menjadi 3, yaitu subtype impulsif-hiperaktif, subtype gangguan pemusatan perhatian, dan subtype kombinasi.²

Dampak ADHD bagi masyarakat dan individu sangat besar meliputi biaya kesehatan, stres dalam keluarga, akademik dan terhadap harga diri individu.⁴ Dampak tersebut dapat terjadi karena anak dengan ADHD sering dihadapkan pada masalah gangguan belajar, masalah emosional, masalah fungsional, kronisitas gejala yang dapat sampai usia dewasa serta perkembangan gejala ADHD menjadi gangguan psikiatrik lain saat dewasa.⁵

Sejauh ini obat-obat seperti methylphenidate adalah pengobatan farmakologis yang paling efektif meskipun memiliki kelemahan dan keterbatasan,

seperti efek samping dan ketersediaan obat.^{6,7} Penelitian mengindikasikan bahwa anak pra sekolah tampaknya memiliki risiko lebih tinggi untuk efek samping jangka pendek, walau masih kurang bukti tentang efek jangka panjang pengobatan farmakologis pada perkembangan fisik dan neurologis anak pra-sekolah.⁸

Efek samping paling sering dari psikostimulan adalah termasuk supresi nafsu makan dan gangguan tidur. Pada saat tertentu tercatat peningkatan ringan tekanan darah dan nadi.⁹ Terdapat beberapa laporan tentang anak yang mendapat terapi methylphenidate menjadi terlalu fokus, menurunkan fungsi kognitif, *introvert* dan berperilaku mirip *zombie* pada dosis tinggi dan pemakaian jangka panjang.¹⁰ Methylphenidate dan amphetamine mempunyai efek pada kardiovaskular yang ditandai dengan peningkatan tekanan darah dan denyut jantung.¹¹

Efek samping methylphenidate yang jarang terjadi tetapi mungkin memerlukan pengurangan dosis atau penarikan obat dan penggantian terapi alternatif adalah peningkatan hiperaktif, penyakit obsesif kompulsif, *trichotillomania*, halusinasi, kemerahan kulit di seluruh tubuh, efek kardiovaskular (berdebar-debar, nadi cepat, nyeri dada, peningkatan tekanan darah), dan kelainan sistem imun.¹²

Methylphenidate bekerja dengan durasi singkat sehingga harus diberikan 2-3 kali sehari. Kadar dalam plasma berfluktuasi sepanjang hari, sehingga berpengaruh pada masalah kepatuhan minum obat.³ Obat stimulan mempunyai efek klinis terhadap gejala ADHD, namun banyak bukti ilmiah bahwa sebagian pasien tidak merespons obat stimulan dan efek samping obat dapat menghalangi penggunaan dosis klinis yang efektif.¹³ Sebuah penelitian melaporkan bahwa 25% sampai 35% dari pasien dengan ADHD tidak menunjukkan penurunan yang signifikan dalam gejala hiperaktif dan impulsif setelah terapi stimulan.¹⁴

Kekhawatiran tentang efek samping obat, tidak adanya efek jangka panjang dan sebagian anak tidak berespons dengan obat tersebut maka terapi alternatif seperti modifikasi diet, suplemen, mineral, fitonutrien, asam amino, asam lemak esensial, fosfolipid dan probiotik mulai dipertimbangkan.¹⁵ Alternatif lain untuk terapi ADHD adalah *Electroencephalogram* (EEG) *biofeedback* dikenal juga sebagai *neurofeedback* yang dilaporkan telah digunakan oleh beberapa klinisi.^{13,16,17,18}

Konsep EEG *biofeedback* adalah bahwa otak dapat dilatih untuk meningkatkan gelombang beta dan mengurangi gelombang theta dan tujuannya adalah mengurangi gejala ADHD, meningkatkan fungsi kognitif dan fungsi kehidupan sehari-hari.^{13,18} Beberapa klinisi telah menggunakan EEG *biofeedback* sebagai terapi

alternatif untuk anak ADHD tetapi penggunaan dan efektivitas EEG *biofeedback* untuk terapi anak ADHD masih dipertanyakan.¹⁹

Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas EEG *biofeedback* sebagai terapi pada anak ADHD.

ATTENTION DEFICIT/HIPERACTIVITY DISORDER (ADHD)

American Psychiatric Association dalam Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder edisi ke-4 Text Revision (DSM-IV TR) mendefinisikan ADHD sebagai gangguan neurobehavior dengan gangguan pemusatan perhatian, hiperaktif dan impulsif yang tidak sesuai dengan usia perkembangan serta ditunjukkan setidaknya pada dua lingkungan, misalnya lingkungan rumah dan sekolah, serta mengganggu fungsi akademik dan sosial penderita. ADHD dibagi menjadi tipe hiperaktif-impulsif, tipe gangguan pemusatan perhatian, dan tipe kombinasi.²

Diagnosis ADHD harus didukung dengan data yang digali dari tanya jawab (anamnesis), observasi, pemeriksaan fisik, pemeriksaan tumbuh kembang, laporan prestasi akademik, dan juga beberapa alat ukur penilaian yang diperoleh dari beberapa sumber, yaitu guru dan orang tua.³ Kriteria yang dibuat oleh American Psychiatric Association banyak dipakai klinisi untuk menegakkan diagnosis ADHD. American Psychiatric Association (2000) menyusun suatu kriteria untuk menegakkan diagnosis ADHD yang dipaparkan dalam Diagnostic and Statistical manual of Mental Disorder edisi ke-4 *Text Revision* (DSM-IV-TR).²

Mekanisme terjadinya ADHD belum diketahui secara pasti. Beberapa teori ADHD saat ini meliputi faktor genetik, struktural fungsional otak, dan disregulasi neurotransmiter serta aspek interaksi lintasan atau tahapan perkembangan otak dengan pajanan lingkungan. Secara umum terdapat bukti fungsional dan struktural ADHD menunjukkan suatu disfungsi otak yaitu pada korteks prefrontal, nukleus kaudatus dan globus palidus.²⁰

Penatalaksanaan ADHD memfokuskan pada pengendalian gejala, proses pendidikan, hubungan interpersonal, dan transisi ke kehidupan dewasa. Terapi dipandu oleh luaran yang dapat diukur, seperti laporan dari guru dan orang tua, lama waktu yang dihabiskan untuk mengerjakan pekerjaan rumah (PR) atau partisipasi dalam aktivitas lainnya tanpa gangguan.²¹

Penatalaksanaan ADHD merupakan penatalaksanaan multidisiplin jangka panjang, yang memerlukan evaluasi berulang-ulang untuk menilai efektivitas dan ada komorbiditas. Rencana pengobatan harus dibuat secara individual, tergantung gejala dan efeknya terhadap kehidupan sehari-hari.²²

Kepatuhan yang baik terhadap terapi merupakan faktor yang penting untuk mendapatkan manfaat maksimal dari terapi tersebut. Ketidak patuhan merupakan masalah yang umum dialami dalam terapi farmakologis pada anak dengan ADHD. Faktor keengganan terhadap obat dipengaruhi oleh ketidaknyamanan terhadap dosis terbagi, pertimbangan terhadap keberhasilan obat, kekuatiran terhadap efek yang tidak menyenangkan, stigma sosial, serta faktor demografi dan sosioekonomik.²³

Gambaran *Electroencephalography* (EEG) pada anak ADHD berbeda dengan anak normal. Ditemukan pola gambaran yang hampir konsisten yang dapat membedakan anak penderita ADHD dan anak normal.²⁴ Penelitian awal tentang gambaran EEG menemukan bahwa anak dengan ADHD menunjukkan EEG yang abnormal berupa aktivitas gelombang lambat berlebihan serta aktivitas *epileptiform spike* dan *wave*.²⁵ Konsep disfungsi otak yang disebabkan karena adanya disfungsi minimal otak yang dapat dikonfirmasi dengan temuan kelainan gambaran EEG yang abnormal atau hampir abnormal.²⁶ Individu tanpa ADHD mempunyai lebih banyak gelombang beta (yang berhubungan dengan perhatian dan proses memori). Sementara individu dengan ADHD terdapat peningkatan gelombang theta, penurunan gelombang beta dan SMR.^{16,27}

Terdapat heterogenitas gambaran EEG pada penderita ADHD. Hal ini menunjukkan adanya profil yang berbeda dari anomali kortikal yang menunjukkan adanya disfungsi otak pada ADHD. Abnormalitas gambaran EEG pada ADHD dapat berupa peningkatan gelombang lambat yang menunjukkan adanya keterlambatan maturasi sistem saraf pusat pada ADHD yang ditandai dengan kurangnya kewaspadaan atau adanya aktivitas epileptiform.^{25,28}

Dengan sistem komputerisasi modern, para ahli dapat memetakan EEG secara kuantitatif, dengan menggunakan analisis spektral sistem analisis ini dikenal sebagai *Quantitative EEG* (QEEG). *Quantitative EEG* mengklasifikasikan gambaran EEG ke dalam empat kategori, yaitu *absolute power*, *relative power*, *power ratio*, simetri, dan koherensi.^{29,30} Analisis QEEG dari EEG pada anak-anak dengan ADHD menunjukkan peningkatan gelombang lambat (terutama theta) dan penurunan relatif power beta bila dibandingkan dengan EEG anak normal. Secara umum, kelainan tampaknya lebih menonjol pada anak-anak ADHD dengan tipe kombinasi daripada ADHD tipe *inattentive*.²⁸

Terdapat dua kelompok besar pola abnormalitas elektrofisiologik berdasarkan pemeriksaan QEEG pada anak penderita ADHD. Kelompok pertama menunjukkan suatu gambaran *cortically hypoaroused*, dan kelompok kedua menunjukkan suatu gambaran *maturational lag*.²⁴ Gambaran *cortically hypoaroused* ditunjukkan

dengan adanya peningkatan aktivitas gelombang theta dan penurunan aktivitas gelombang beta sehingga terlihat peningkatan rasio theta/beta tanpa disertai penurunan aktivitas gelombang alfa, pada anak ADHD dibanding anak normal dengan usia setara. Hal ini menunjukkan kegagalan pencapaian tingkat normal *arousal* pada penderita tersebut, sebab seharusnya terjadi penurunan aktivitas gelombang theta dan peningkatan aktivitas gelombang beta. Adanya peningkatan rasio theta/beta tanpa disertai peningkatan rasio theta/alfa selanjutnya digunakan sebagai penanda adanya *cortically hypoaroused*.³¹

Gambaran *maturational lag* ditunjukkan dengan adanya peningkatan aktivitas gelombang theta, disertai penurunan aktivitas gelombang alfa dan beta, sehingga terlihat peningkatan rasio theta/alfa dan rasio theta/beta, pada anak dengan ADHD dibandingkan anak normal usia setara. Gambaran tersebut sesuai dengan gambaran EEG pada anak normal dengan usia lebih muda. Hal ini menunjukkan adanya keterlambatan maturitas pada penderita ADHD dibandingkan anak seusianya, di mana dalam perkembangan maturitas seharusnya terjadi penurunan aktivitas gelombang delta dan peningkatan aktivitas gelombang alfa. Adanya peningkatan rasio theta/beta dengan disertai peningkatan rasio theta/alfa selanjutnya digunakan sebagai penanda adanya *maturational lag*.²⁴

Pasien dengan ADHD menunjukkan karakteristik EEG yang abnormal. Sebagian besar, 85-90% pasien ADHD menunjukkan tanda kortikal *hypoarousal*, yang secara kuantitatif ditunjukkan dengan peningkatan *relative power* theta, penurunan *relative power* beta serta peningkatan *power ratio* theta/beta. Pola ini biasanya diamati di daerah frontal dan bagian tengah otak. Sebagian kecil pasien dengan ADHD menunjukkan pola EEG *hyperarousal*, dengan aktivitas *relative power* beta yang lebih besar dan penurunan rasio power theta/beta. Kelompok *hyperarousal* cenderung merespons buruk obat stimulan.³²

Beberapa studi juga telah meneliti perbedaan gambaran aktivitas otak antara yang berespons dengan obat stimulan dan yang tidak berespons terhadap obat stimulan. Respons terapi methylphenidate lebih baik pada penderita yang memiliki gambaran QEEG *hypoarousal*.³⁰ Kebanyakan penelitian telah menunjukkan peningkatan theta dan atau rasio theta/beta yang terkait dengan keberhasilan pengobatan, dan tidak berhubungan dengan sub diagnosis DSM.^{17,31}

EEG BIOFEEDBACK

EEG *biofeedback* atau *neurofeedback* adalah pelatihan gelombang otak. Dasar EEG *biofeedback*

adalah normalisasi gelombang otak akan menghasilkan manfaat terapeutik.^{24,33} Menurut International Society for Neurofeedback and Research (ISNR), EEG *biofeedback* atau *neurofeedback* adalah proses di mana sensor yang ditempatkan pada kulit kepala yang terhubung ke perangkat lunak komputer untuk deteksi, memperkuat dan merekam aktivitas otak. Informasi yang dihasilkan diumpungkan kembali ke peserta dengan pemahaman bahwa aktivitas otak peserta pelatihan berada dalam kisaran yang diharapkan atau tidak. Berdasarkan umpan balik tersebut, dengan berbagai prinsip pembelajaran, dan bimbingan dari praktisi, akan terjadi perubahan pola otak dan berhubungan dengan perubahan positif secara fisik, emosi, dan kognitif.³³

EEG *biofeedback* mengajarkan individu untuk mempelajari bagaimana menormalkan frekuensi EEG yang abnormal dengan menampilkan secara visual di layar komputer. Dengan menunjukkan pada anak bagaimana saat konsentrasi dibandingkan dengan tidak konsentrasi, EEG *biofeedback* akan meningkatkan kesadaran mereka tentang bagaimana pola EEG yang normal.¹⁶

EEG *biofeedback* sebagai intervensi untuk ADHD, berdasarkan temuan banyak individu dengan ADHD menunjukkan rendahnya tingkat *arousal* di daerah frontal otak, dengan kelebihan gelombang theta dan defisit gelombang beta. Pendukung pengobatan ini menunjukkan bahwa otak dapat dilatih untuk meningkatkan tingkat *arousal* yang meningkatkan gelombang beta dan mengurangi gelombang theta dengan demikian mengurangi gejala ADHD.^{13,18}

Disebut juga *neurofeedback* karena aplikasi ini memiliki setidaknya tiga elektrode melekat pada kepala, yang merekam, menganalisis, dan memberikan umpan balik berdasarkan aktivitas listrik otak. Elektrode yang terpasang akan mengukur aktivitas gelombang otak di titik-titik tertentu dengan menggunakan EEG yang didesain khusus untuk keperluan ini. Sinyal yang ditangkap oleh elektrode selanjutnya diproses dengan komputer yang terhubung dengan *software* khusus yang memainkan musik, video, atau *game*.¹⁹ Umpan balik yang diberikan kepada pasien dapat berupa isyarat yang sederhana seperti *bip* audio.^{13,34}

Klien duduk mendengar musik atau menonton video atau memainkan *game*. Saat aktivitas otak tidak stabil atau tidak menghasilkan pola atau frekuensi seperti yang kita inginkan maka musik, video, atau *game* akan mengalami interupsi sehingga tidak bisa dinikmati. Melalui interupsi yang terjadi pada musik, video atau *game*, otak klien belajar untuk menghasilkan frekuensi atau pola stabil seperti yang diinginkan sehingga interupsi berkurang dan berhenti total. Melalui pelatihan ini, akhirnya, aktivitas gelombang otak terbentuk

menjadi seperti yang diinginkan, menjadi lebih teratur. Frekuensi yang menjadi target kita, dan lokasi spesifik, di mana kita mengukur gelombang otak, ditentukan oleh masalah yang ingin kita atasi dan bergantung pada kondisi masing-masing klien.¹⁹ Ketika pasien telah belajar bagaimana meningkatkan tingkat *arousal*, akan menghasilkan perbaikan dalam perhatian dan terjadi pengurangan dalam perilaku hiperaktif/impulsif.^{13,34}

Lubar dan Shouse adalah yang pertama untuk mempublikasikan penggunaan EEG *biofeedback* pada ADHD di tahun 1976. Dalam penelitian awal, mereka menguji gagasan bahwa pelatihan EEG *biofeedback* (pelatihan *Sensori-Motor Rhythm* [SMR] frekuensi 12-14 Hz), pada bagian sensorimotor dari otak, dapat digunakan untuk membantu anak-anak dengan hiperkinesis. Dalam studi kasus ini, anak diberi penghargaan untuk menghasilkan aktivitas SMR dan pada saat yang sama menghambat aktivitas theta (4-7 Hz). Selama pelatihan EEG *biofeedback*, anak meningkatkan SMR tiga kali jumlah rekaman awal, bersamaan dengan penurunan gangguan perilaku dan peningkatan perhatian. Setelah 35 sesi, anak telah berubah sepenuhnya pada ukuran normal EEG dan perbaikan prestasi di sekolah. Untuk memvalidasi prosedur awal, anak dilatih lagi dalam desain protokol asli dengan penguatan untuk SMR dan penurunan produksi theta. Setelah 28 sesi dari protokol ini, keberhasilan anak itu sebelumnya didapatkan kembali. Terakhir, obat dihentikan untuk melihat perhatian dan perbaikan yang dipertahankan. Tindak lanjut setelah beberapa tahun menunjukkan bahwa anak terus melakukannya dengan baik tanpa pemakaian obat.¹⁹

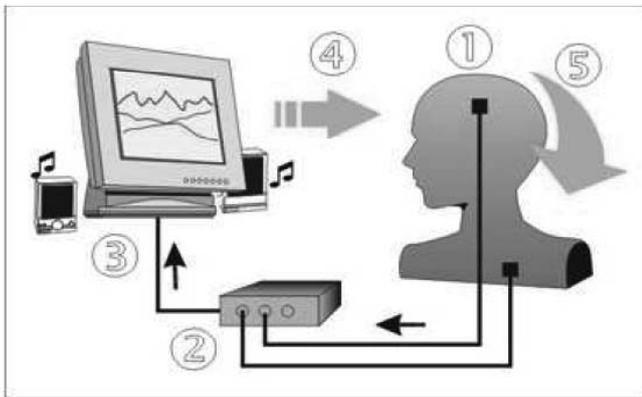
Penelitian yang sama dengan penelitian sebelumnya tahun 1976 dengan kelompok anak-anak hiperkinetik. Sama dengan penelitian sebelumnya dilakukan penarikan bertahap terapi Ritalin. Hasilnya anak-anak mampu mengatur EEG mereka dengan mengubah tingkat SMR mereka bersama dengan perbaikan perilaku. Dua studi awal ini mengilhami banyak penelitian selanjutnya, yang meneliti EEG *biofeedback* sebagai pengobatan ADHD.¹⁹

Protokol EEG *biofeedback*

Sebelum pelatihan EEG *biofeedback* mulai, dilakukan pengkajian dengan wawancara untuk mengetahui problem pasien, riwayat penyakit pasien, faktor yang mempengaruhi, obat yang digunakan, dan informasi lain yang relevan, gejala yang ada, tes berbasis komputer, dan dokumentasi data yang relevan dipakai sebagai komponen penilaian. Penilaian objektif QEEG pasien harus dilakukan sebelum dan sesudah pelatihan. QEEG secara objektif menilai fungsi otak dibandingkan dengan *database* normatif. Database QEEG dan peta

topografi otak digunakan untuk mengevaluasi lokasi dan jenis fitur EEG untuk target pelatihan dan protokol EEG *biofeedback*.³³

Pelaksanaan pelatihan EEG *biofeedback* dimulai dengan mendeteksi aktivitas neuroelektrikal melalui elektrode permukaan (langkah 1). Aktivitas ini kemudian diperkuat (langkah 2) dan diproses oleh program perangkat lunak (langkah 3) yang memberikan umpan balik pendengaran atau umpan balik visual untuk pasien pada monitor komputer (langkah 4), aktivitas otak dimonitor dan perubahan yang diinginkan diumpankan dalam bentuk *video game*. Pasien menyaksikan tampilan dinamis amplitudo dari gelombang otak di daerah di mana elektrode dipasang. Program komputer memberikan penghargaan setiap kali tingkat tujuan kekuatan gelombang otak tercapai. Pengolahan ini berlanjut selama sesi EEG *biofeedback* untuk jangka waktu 15 sampai 40 menit (langkah 5).³⁵



Gambar 1. Langkah-langkah EEG *Biofeedback*.¹²

Sistem EEG *biofeedback* terdiri dari satu set sensor EEG dan *transduser* sinyal/ *amplifier*, terhubung ke komputer dengan perangkat lunak yang mampu menganalisis sinyal EEG, melakukan beberapa transformasi, menampilkan sinyal yang sesuai dengan pasien dan memberikan penghargaan atau hambatan dalam bentuk umpan balik visual dan/atau audio. Pasien belajar untuk meningkatkan frekuensi yang diinginkan dan menekan frekuensi EEG yang tidak diinginkan pada lokasi yang dipilih dengan penghargaan (misalnya dengan kemajuan dalam *video game*).³²

Atas dasar temuan QEEG pada ADHD, seseorang dengan ADHD akan menunjukkan kelebihan aktivitas theta, tetapi aktivitas beta berkurang. Selama pelatihan EEG *biofeedback*, sebuah kemajuan *puzzle* dan nada suara setiap kali seorang anak dengan ADHD mempertahankan gelombang di kisaran 15-18 Hz (peningkatan beta) sekaligus menghambat gelombang kisaran 4-8 Hz (penurunan theta). Pasien membutuhkan 20–60 sesi latihan untuk mencapai tujuan mereka.

Pelatihan membutuhkan 1-3 kali masing-masing 1 jam latihan tiap minggu. Setelah tujuan awal dari terapi telah terpenuhi, pasien melanjutkan latihan 5–10 sesi tambahan untuk mencegah kekambuhan.³⁵

Protokol pelatihan ditentukan dengan melihat data yang dikumpulkan selama pengkajian. Hal-hal yang diperhatikan dalam penentuan protokol EEG *biofeedback* adalah sebagai berikut: 1) kekuatan dari frekuensi yang ditargetkan harus diubah, 2) area otak yang akan dilatih, untuk menentukan lokasi elektrode, 3) montase yang akan digunakan referensial atau bipolar, 4) tingkat ambang yang ditetapkan untuk masing-masing pasien.¹³

Terdapat tiga protokol EEG *biofeedback* yang diteliti Monastra¹³ dalam studi kelompok kontrol. Protokol pertama adalah peningkatan SMR/peningkatan theta, di mana pasien ADHD dengan gejala utama hiperaktif dan impulsif diinstruksikan untuk meningkatkan SMR mereka (12-15 Hz) salah satu dari dua situs (C3 atau C4) sekaligus menekan produksi aktivitas theta (4-7 Hz atau 4-8). Rekaman EEG diperoleh dari satu sisi aktif dengan *reference* telinga terkait. Umpan balik auditori dan visual yang ditetapkan berdasarkan atas keberhasilan pasien dalam pengendalian kekuatan dari theta di bawah dan SMR di atas ambang batas sebelum terapi. Protokol kedua adalah peningkatan SMR/penekanan theta di mana anak-anak dengan ADHD, jenis hiperaktif/impulsif, dilatih untuk meningkatkan SMR (12-15 Hz), sementara aktivitas beta2 ditekan (22-30 Hz). Rekaman yang diperoleh pada C4 dengan *reference* telinga. Dalam ADHD tipe kombinasi, protokol ini digunakan selama setengah dari masing-masing sesi. Setiap sesi pelatihan, peningkatan SMR/penekanan theta pada C3 digunakan. Protokol ketiga adalah penekanan theta/peningkatan beta1 di mana anak dengan ADHD diperkuat untuk meningkatkan produksi aktivitas beta1 (16-20 Hz), sementara menekan aktivitas theta (4-8 Hz). Rekaman yang diperoleh pada Cz dengan *reference* telinga terkait, di FCZ-PCz dengan *reference* telinga tunggal, atau di Cz-Pz dengan *reference* telinga.¹³

Friel³² dalam artikelnya memaparkan beberapa pilihan protokol EEG *biofeedback* di antaranya *quantitative electroencephalography analysis*. Protokol ini masih diperdebatkan apakah QEEG sebelum perlakuan diperlukan dan bermanfaat dalam memandu terapi EEG *biofeedback*. Dari 5 penelitian dengan kelompok kontrol, hanya satu yang menggunakan perbaikan QEEG sebagai tujuan akhir terapi. Satu penelitian lain mendapatkan tidak ada perubahan yang konsisten setelah terapi EEG *biofeedback* dan tiga penelitian lainnya tidak melaporkan data QEEG. Dari beberapa penelitian menemukan perbaikan yang signifikan pada ADHD dengan terapi EEG *biofeedback*, tidak tergantung

dari penggunaan QEEG dan QEEG relatif mahal, maka beberapa klinisi menghindari pemakaian QEEG dalam terapi EEG *biofeedback*. Di sisi lain beberapa ahli EEG *biofeedback* rutin menyajikan laporan QEEG sebagai hasil terapi yang memuaskan.³²

Protokol lainnya adalah *Interhemispheric EEG biofeedback*, yang menggunakan *single channel*. Pada penggunaan EEG *biofeedback single channel*, sebagian besar gangguan EEG ditemukan pada pasien adalah *hypoarousal* hemisfer kiri dan *hyperarousal* hemisfer kanan. Pada metode baru ini dikembangkan sebuah pemikiran baru di mana kondisi tidak stabil seperti *hypo* atau *hyperarousal* adalah sasarannya. *Interhemispheric EEG biofeedback* dapat digunakan secara bersamaan untuk mendorong peningkatan frekuensi hemisfer kiri dan penurunan frekuensi hemisfer kanan, sementara itu juga mendukung integrasi hemisfer kiri-kanan.³²

Low energy neurofeedback adalah protokol yang merupakan variasi dari EEG *biofeedback* yang menggunakan stimulasi elektromagnetik lemah di lokasi sensor dan umpan balik visual dan *auditory* umumnya yang digunakan pada model EEG *biofeedback* lainnya. Perkembangan baru dari protokol EEG *biofeedback* adalah *hemoencephalography* menggunakan sensor infra merah untuk memonitor aliran darah otak dan memandu umpan balik untuk pasien. Penempatan sensor pada bagian prefrontal telah digunakan dalam penelitian yang terbatas yang menggunakan *hemoencephalography* pada terapi ADHD. *Hemoencephalography* mempunyai dampak langsung pada aliran darah otak, yang merupakan kontra indikasi pada pasien dengan gangguan serebrovaskular.²⁷

Studi yang berhubungan dengan penggunaan EEG biofeedback pada ADHD

Terapi ADHD dengan EEG *biofeedback* telah memperoleh dukungan penelitian empiris dalam beberapa tahun terakhir. Studi dengan kelompok kontrol yang dipublikasikan pertama kali dilakukan oleh Linden *et al.*³⁶ menggunakan desain acak, membandingkan efek EEG *biofeedback* dengan kelompok kontrol. Dalam studi ini, subjek diminta untuk meningkatkan beta dan mengurangi theta. Hasil mencerminkan terjadi perbaikan pada gejala ADHD dan IQ.

Beberapa penelitian membandingkan terapi EEG *biofeedback* dengan obat stimulan di antaranya adalah Rositer.³⁷ Studi ini menggunakan variasi protokol rasio theta/beta di lokasi *fronto-central* dan menemukan bahwa teknik ini menunjukkan perubahan signifikan. Yang menarik, efek dari penelitian ini menunjukkan respons pengobatan yang sama antara obat stimulan dan EEG *biofeedback*.

Penelitian Monastra *et al.*³⁵ semua pasien memakai obat, namun, ketika obat itu dihentikan pada akhir terapi, hanya peserta yang telah menyelesaikan pelatihan EEG *biofeedback* yang mampu mempertahankan perbaikan mereka. Pada akhir terapi pengukuran QEEG juga menunjukkan penurunan signifikan dalam perlambatan kortikal dari individu yang telah menyelesaikan EEG *biofeedback*. Subjek dipilih berdasarkan penyimpangan rasio theta/beta. Ini kemungkinan besar mengakibatkan terpilih anak-anak ADHD yang respons terhadap EEG *biofeedback* protokol theta/beta. Penelitian ini menyimpulkan bahwa EEG *biofeedback* memiliki potensi yang sebanding dengan obat-obatan.³⁴

Dalam sebuah studi klinis, EEG *biofeedback* dibanding methylphenidate mencapai hasil yang sama-sama efektif. Peserta adalah 39 anak, 13 anak-anak dengan ADHD dilatih untuk meningkatkan amplitudo aktivitas beta1 dan mengurangi aktivitas theta, tiga belas di antaranya diobati dengan methylphenidate saja, dan 13 anak yang sehat tidak menerima intervensi. Penilaian perilaku, neuropsikologis dan pengujian eksperimental diberikan sebelum dan sesudah intervensi. Penilaian perilaku meningkat pada kedua jenis metode, methylphenidate secara signifikan lebih efektif daripada EEG *biofeedback*. Respons inhibisi (dinilai oleh Stroop) ditingkatkan hanya pada EEG *biofeedback*. Keduanya, EEG *biofeedback* dan methylphenidate dikaitkan dengan perbaikan tes perhatian dengan komputer. Kemampuan intelektual (diukur dengan versi lengkap dari WISC-III) meningkat juga pada kedua metode. Rata-rata ukuran efek methylphenidate tampaknya lebih besar daripada untuk EEG *biofeedback*, perbedaannya tidak signifikan. Dalam hubungannya dengan penelitian lain mereka menyimpulkan EEG *biofeedback* yang dapat secara signifikan meningkatkan fungsi kognitif dan perilaku beberapa anak-anak dengan ADHD dan mungkin menjadi alternatif pengobatan ADHD, terutama bagi mereka yang orang tuanya mendukung pengobatan non-farmakologi.³⁸

Gevensleben *et al.*¹⁸ melakukan *randomized control trial* meliputi 102 anak dengan ADHD. Dalam percobaan ini kelompok EEG *biofeedback* dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan *attention skills training* dengan komputer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa EEG *biofeedback* lebih unggul dibandingkan kelompok kontrol. *Follow-up* penilaian perilaku 6 bulan setelah selesai pelatihan EEG *biofeedback* atau *attention skills training* dan perbaikan pada kelompok EEG *biofeedback* lebih unggul daripada kelompok kontrol dan sebanding dengan efek pada akhir pelatihan. Mereka menyimpulkan bahwa meskipun efek pengobatan tampaknya terbatas, hasil penelitian mendukung bahwa

EEG *biofeedback* mempunyai efektivitas klinis dalam pengobatan anak-anak dengan ADHD.¹⁸

Penelitian pada 91 anak dengan ADHD usia 8-18 tahun, 30 anak dengan EEG *biofeedback*, 31 anak dengan methylphenidate dan 30 anak mendapat methylphenidate dan EEG *biofeedback*. EEG *biofeedback* menggunakan elektrode unipolar yang diletakkan pada daerah Cz dan dilatih untuk meningkatkan beta (16-20 Hz) dan menurunkan theta (4-7 Hz). Dilakukan evaluasi terhadap atensi dan hiperaktivitas berdasarkan laporan orang tua menggunakan Clinician's Manual for Assessment of Disruptive Behavior Disorder- Rating Scale for Parents, dari Russell A Barkley. Dari hasil laporan orang tua terdapat perubahan yang bermakna pada ketiga kelompok terapi, tetapi tidak didapatkan perbedaan yang bermakna pada ketiga kelompok terapi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa EEG *biofeedback* menghasilkan perbaikan yang signifikan pada gejala ADHD, yang setara dengan efek yang dihasilkan oleh methylphenidate, berdasarkan laporan orangtua. Hal ini mendukung penggunaan EEG *biofeedback* sebagai terapi alternatif bagi anak dan remaja dengan ADHD.³⁹

Pada tahun 2002, Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback dan International Society for Neurofeedback and Research menetapkan, berdasarkan kepustakaan dan pedoman APA untuk level efektivitas klinis, aplikasi EEG *biofeedback* mencapai level 3: *probably efficacious*.⁴⁰ Monastra *et al.*¹³ berdasarkan kepustakaan dan pedoman APA untuk level efektivitas klinis, menyimpulkan bahwa terapi EEG *biofeedback* untuk ADHD dapat dianggap sebagai level 3: *probably efficacious*.

Sejak tahun 2005, penelitian-penelitian baru telah mempublikasikan penelitian tentang efektivitas klinis EEG *biofeedback* untuk pengobatan ADHD. Sebuah meta-analisis EEG *biofeedback* pada ADHD oleh Arns *et al.*¹⁷ menyimpulkan bahwa EEG *biofeedback* untuk ADHD berada pada level 5: *efficacious and specific*. Meta-analisis memasukkan 15 penelitian dan 1.194 subjek dengan ADHD, dan dari enam penelitian dilakukan secara acak. Dua *randomized controled trial* (RCT) dipublikasikan pada tahun 2009 oleh Gevensleben *et al.* dan Holtmann *et al.* adalah kunci penelitian dasar tentang level efektivitas EEG *biofeedback* bisa diangkat ke level 5.¹⁸

Beberapa studi menunjukkan bahwa perbaikan dalam perilaku dan perhatian ternyata stabil. Hasil pengujian atas perhatian dan beberapa peringkat orang tua dapat ditingkatkan secara signifikan. Berdasarkan penelitian, dapat disimpulkan bahwa efek klinis EEG *biofeedback* stabil dan bahkan mungkin dapat meningkatkan lagi dengan berjalannya waktu.^{34,41} Hal ini, berbeda dengan stimulan obat di mana diketahui bahwa ketika obat

dihentikan sering keluhan awal akan kembali lagi dan bukti terbaru menunjukkan bahwa sementara pengobatan dengan obat stimulan tidak mungkin meningkatkan hasil jangka panjang.⁴²

Secara umum, telah dilakukan penelitian untuk mengevaluasi efek dari EEG *biofeedback* dan dilaporkan terdapat peningkatan yang signifikan dalam perbaikan gejala ADHD. Beberapa kasus dilaporkan juga terdapat perbaikan kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan sekolah, hubungan dengan keluarga dan hubungan sosial terjadi pada pasien yang diterapi dengan EEG *biofeedback*.¹³ EEG *biofeedback* sebagai terapi untuk ADHD juga menghasilkan perbaikan yang signifikan dalam fungsi kognitif untuk 75-85% pasien. Ada kemungkinan bahwa hasil yang lebih cepat dan lebih baik dapat dicapai dengan menggabungkan terapi alternatif lain dengan EEG *biofeedback*.³² Beberapa penelitian melaporkan perbedaan QEEG pra- dan pasca terapi EEG *biofeedback*, karena EEG adalah dasar dari pengobatan EEG *biofeedback*.²⁵ Beberapa penelitian menemukan normalisasi neurofisiologis yang ditunjukkan dengan perubahan pola QEEG setelah terapi EEG *biofeedback*.¹⁸

Sebuah meta analisis yang membandingkan efektivitas EEG *biofeedback* atau *neurofeedback* (NF) dengan obat-obatan dan *effect size* (ES) sebagai ukuran standar yang diperoleh dari beberapa studi, didapatkan bahwa NF dan methylphenidate (MPH) memiliki kesamaan efek pada inatensi (ES NF =0,81; ES MPH =0,84) dan untuk impulsif/hiperaktif, obat memiliki ES lebih tinggi (ES NF =0,4/0,69; ES MPH =1,01). Dari meta analisis ini juga didapatkan bahwa EEG *biofeedback* mempunyai ES yang besar untuk inatensi dan impulsif dan ES yang sedang untuk hiperaktif. Maka dapat disimpulkan bahwa EEG *biofeedback* mempunyai hasil yang lebih baik jika gejala klinis yang utama adalah inatensi dan impulsif. Jika gejala klinis yang utama adalah hiperaktif, terapi pilihan yang lebih baik adalah obat stimulan.¹⁷

Efek jangka panjang EEG *biofeedback* pada ADHD

Beberapa studi telah meneliti efek jangka panjang dari EEG *biofeedback*. Lubar⁴³ pada penelitian dengan 52 kasus, yang diikuti selama 10 tahun setelah pelatihan EEG *biofeedback*. Data menggunakan wawancara telepon yang dilakukan oleh pewawancara, yang tidak mengetahui pengobatan, menggunakan skala *rating* Conner dari 16 kategori perilaku. Sebagian besar peserta dinilai sebagai "sangat jauh lebih baik atau banyak perubahan" Karena wawancara itu *blind*, dan dilakukan secara objektif serta memiliki keuntungan bahwa peserta dipilih secara acak dari lebih 1.000 kasus. Penelitian lain melakukan penilaian untuk gejala impulsif,

inatensi, hiperaktif dan *follow-up* dalam 6 bulan yang menunjukkan perbaikan bahkan lebih baik dibandingkan saat akhir pengobatan.⁴³ Setelah dilakukan *follow-up* sebuah penelitian selama 2 tahun menunjukkan bahwa semua perbaikan perilaku dan perhatian ternyata stabil. Hasil pengujian perhatian dan beberapa dari *rating parents* menunjukkan hasil yang signifikan.⁴⁴

Gevensleben *et al.*¹⁸ mengungkapkan bahwa kemampuan mengatur sendiri EEG ternyata masih dipertahankan, dan menunjukkan bahwa anak-anak masih mampu mengatur aktivitas otak mereka, dalam *follow-up* selama 6-bulan. Perbaikan perilaku oleh pelatihan EEG *biofeedback* pada anak-anak dengan ADHD dapat dipertahankan selama 6 bulan.

Dari data yang tersedia, dapat disimpulkan bahwa efek klinis EEG *biofeedback* tetap stabil dan mungkin membaik dari waktu ke waktu. Hal ini berbeda untuk pengobatan saat ini seperti terapi dengan obat dan terapi perilaku seperti yang dijelaskan dalam penelitian MTA. Namun perlu penelitian kontrol dengan skala yang lebih besar, dan studi terkontrol dengan tindak lanjut jangka panjang untuk meneliti pernyataan ini lebih lanjut.⁴¹ Tujuan dari EEG *biofeedback* adalah mengurangi gejala utama ADHD. Termasuk meningkatkan perhatian, mengurangi impulsif, dan mengendalikan perilaku hiperaktif, selain itu EEG *biofeedback* juga menghasilkan efek jangka panjang.²⁷

Efek samping EEG *biofeedback*

Efek samping kadang-kadang dapat terjadi selama terapi EEG *biofeedback* dan praktisi harus menyadari bahwa kadang-kadang efek negatif dapat terjadi, jika pelatihan tidak diawasi oleh tenaga terlatih dan bersertifikat profesional.^{31,45} Efek samping yang telah dilaporkan oleh beberapa dokter termasuk peningkatan kecemasan dan agitasi, sakit kepala, kelelahan, gangguan tidur, marah dan mudah tersinggung, menangis dan emosional labil, *enuresis*, peningkatan depresi, peningkatan gejala somatik (termasuk *tics* dan berkedut), kejang, dan disorientasi sementara.³³

Namun, penyedia layanan EEG *biofeedback*, sebagai profesi yang berhubungan dengan kesehatan harus memantau mengenai efek samping atau reaksi merugikan yang mungkin muncul. Ketika efek samping atau efek negatif terjadi, penyedia harus mendokumentasikan, mendiskusikannya dengan klien, dan mengambil tindakan yang tepat untuk memulihkan efek negatif secepat mungkin. Tindakan tersebut dapat termasuk memodifikasi protokol EEG *biofeedback*, memverifikasi jumlah atau frekuensi perawatan, memanfaatkan terapi adjunctif.³³

Ada potensi untuk menjadi mudah marah, murung, dan hiperaktivitas pada saat obat stimulan dan EEG

biofeedback digabungkan. Hal ini dapat terjadi bersamaan dengan peningkatan aktivasi kortikal, menunjukkan dosis stimulan mungkin perlu dikurangi atau dihilangkan. Kadang-kadang, pasien melaporkan sakit kepala, kelelahan, dan/atau *dizziness* setelah terapi.³²

Perlu diperhatikan bahwa pasien dengan riwayat epilepsi harus hanya menerima EEG *biofeedback* dari praktisi yang berpengalaman dalam EEG *biofeedback* untuk gangguan kejang.^{32,35} EEG *biofeedback* memiliki potensi untuk mengurangi atau meningkatkan ambang kejang, tergantung pada frekuensi dan lokasi sensor yang digunakan.⁴⁶

SIMPULAN

EEG *biofeedback* adalah terapi yang bermanfaat untuk anak dengan ADHD, ditunjukkan dengan pencapaian level 5: *efficacious dan specific*. EEG *biofeedback* terbukti memperbaiki perilaku, perhatian, fungsi kognitif anak ADHD. Terjadi perbaikan pola QEEG pada anak ADHD setelah pelatihan EEG *biofeedback*.

EEG *biofeedback* mempunyai efek yang sama dengan obat stimulan untuk ADHD. Tidak ada perbedaan dalam keberhasilan terapi EEG *biofeedback* yang didapatkan antara anak dengan pengobatan dan anak yang tanpa pengobatan, maka EEG *biofeedback* dapat dimanfaatkan sebagai kombinasi dengan terapi farmakologis. EEG *biofeedback* juga terbukti mempunyai efek jangka panjang sampai 6 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Academy of Pediatrics, Committee on Quality Improvement, Subcommittee on Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. ADHD: Clinical Practice Guideline for the Diagnosis, Evaluation and Treatment of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescent. *Pediatrics*. 2011;128:1-16.
2. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th edition TR. Washington DC: American Psychiatric Association; 2000.
3. American Academy of Pediatrics, Committee on Quality Improvement, Subcommittee on Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. Clinical Practice Guideline Diagnosis and Evaluation of the Child With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Pediatrics*. 2000;105(5):1158-1170.
4. Spencer T, Biederman J, Wilens T, et al. Adult with attention-deficit/hyperactivity disorder: a controversial diagnosis. *J Clin Psychiatry*. 1998;59:59-68.
5. Brown TR, Wendy SF, James MP, et al. Prevalence and assessment of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder in Primary care setting. *Pediatrics*. 2000;107(3):44-49.
6. Taylor E, Dopfner M, Sergeant J, et al. European clinical guidelines for hyperkinetic disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*. 2004;13:7-30.
7. Banaschewski T, Coghill D, Santosh P, et al. Long-acting medications for the hyperkinetic disorders, A systematic review and European treatment guideline. *European Child & Adolescent Psychiatry*. 2006;XX no.X.

8. Daley D. Attention deficit hyperactivity disorder: a review of the essential facts. *Child: Care, Health & Development*. 2005;32(2):193-204.
9. Rains A, Scahill L. Psychopharmacology notes. New long acting Stimulant in children with ADHD. *JCAPN*. 2004;17(4).
10. Sunohara GA, Malone MA, Rovet J, et al. Effect of Methylphenidate on Attention in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD): ERP Evidence. *Neuropsychopharmacology*. 1999;21(2):218-227.
11. Nissen SE. 2006. ADHD Drugs and Cardiovascular Risk. *N Engl J Med*. 2006; 354:1445-1448.
12. Gordon MJ. Attention Deficit Hyperactivity Disorder Handbook. Physician's guide to ADHD 2nd ed. Illionis, USA: Springer; 2010.
13. Monastra VJ. 2005. Electroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: rationale and empirical foundation. *Child Adolesc Psychiatric Clinics of North America*. 2005;14:55-82.
14. Greenhill LL, Halperin JM, Abikoff H. Stimulant medications. *Journal Am Academi Child Adolesc Psychiatri*. 1999;38(5):503-512.
15. Harding KL, Judah RD, Gant C. Out-come-based comparison of Ritalin versus food suplemen treated children with ADHD. *Altern Med Re*. 2003;1(8):319-330.
16. Butnik SM. Neurofeedback in adolescent and adult with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Clinical Psychology*. 2005;61(5):621-625.
17. Arns M, Ridder S, Strehl U, et al. Efficacy of Neurofeedback Treatment in ADHD: The Effects on Inattention, impulsivity and hyperactivity: A meta-analysis. *Clinical EEG and Neuroscience*. 2009;40(3):180-189.
18. Gevensleben H, Holl B, Albrecht B, et al. Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial. *J Child Psychol Psychiatry*. 2009; 50(7):780-789.
19. Sherlin L, Arns M, Lubar J, et al. A Position Paper on Neurofeedback for the Treatment of ADHD. *Journal of Neurotherapy*. 2010;14:66-78.
20. Barkley RA. The Executive function and selfregulation: An envoluntary Neuropsychological perspective. *Europsychologi review*. 2001;11:1-29.
21. Rappley MD. Attention Deficit-hyperactivity disorder. *N Eng J Med*. 2005;352:165-173.
22. American Academy of pediatrics. Clinical Practice Guideline: Treatment of the School-aged Child with Attention-Deficit/ Hyperactivity Disorder. *Pediatrics*. 2001; 108:1033-1044.
23. Swanson J. Compliance with stimulants for attention-Deficit/ Hiperactivity Disorder Issues and Approach for Improvement. *CNS Drugs*. 2003;17(2):117-131.
24. Monastra VJ, Monastra DM, George S. The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2002;27: 231-249.
25. Clarke RA, Robert JB, Rory MC, Mark S. EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Neurophysiology*. 2001;112:2098-2105.
26. Fox DJ, Tharp DF, Fox LC. Neurofeedback: An Alternative and Efficacious Treatment for Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Applied Psychophysiology and biofeedback*. 2005;30:365-373.
27. Barry RJ, Clarke AR, Johnstone SJ. A Review of Electrophysiology in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Qualitative and quantitative Electroencephalography. *Clinical Neurophysiology*. 2003;114:171-183.
28. El-Sayed EM. Brain Maturation Cognitive Tasks, and Quantitative Electroencephalography: A Study in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). Stockholm: Karolinska Institutet. Department of Woman and Child Health. Child and Adolescent Psychiatric Unit; 2002.
29. Loo SK, Barkley RA. Clinical utility of EEG in attention deficit hyperactivity disorder. *Applied Neuropsychology*. 2005;1:64-76.
30. Hughes JR, John ER. Conventional and Quantitative electroencephalography in Psychiatri. *Jurnal Neuropsychiatri Clin Neurosci*. 1999;11(2):190-208
31. Nazari MA. EEG Findings in ADHD and the Application of EEG Biofeedback in Treatment of ADHD. *Current Direction in ADHD and Its Treatment*. In Tech. 2012; p. 269-286.
32. Pandhita G, Sutarni S, Nuradyo D. Gambaran EEG Quantitative Electroencephalography (QEEG) sebagai prediktor respon terapi Methylphenidate dalam penatalaksanaan Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) pada anak (Tesis). Yogyakarta: Bagian Ilmu Saraf FK UGM; 2005.
33. Clarke RA, Robert JB, Rory MC, et al. EEG difference between good and poor responden to methylphenidate and dexamphetamine in children with attention-deficit/hyperactive disorder. *Clinical Neurophysiology*. 2002;113:194-205.
34. Hammond DC, Davis GB, Gluck, G, et al. Standarty of Practice for Neurofeedback and neurotherapy: a Position Paper of the International Society for Neurofeedback & research. *Journal of Neurotherapy*. 2011;15:54-65.
35. Linden M, Habib T, Radojevic V. A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. *Biofeedback and Self Regulation*. 1996;21:35-49.
36. Rossiter T. The effectiveness of neurofeedback and stimulant drugs in treating ADHD: Part I. Review of methodological issues. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2004;29:95-112.
37. Nazari MA, Wallois F, Aarabi A, Berquin P. Dynamic Changes in Quantitative Electroencephalogram during Continuous performance test in Children with Attention-deficit/hyperactivity Disorder. *Int. J. Psychophysiol*. 2011;81(3):230-236.
38. Duric NS, Assmus J, Gundersen, D, et al. Neurofeedback for the treatment of chilgren and adolescent with ADHD ; Randomized and controlled clinical trial using parental report. *BMC Psychiatry*. 2012;12:107.
39. La vague TJ, Hammond DC, Trudeau D, et al. Template for developing guidelines for the evaluation of the clinical efficacy of psychophysiological intervention. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2002;27:273-281.
40. Gevensleben H, Holl B, Albrecht, B, et al. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month followup of a randomized controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2010;19(9):715-724.
41. Molina BS, Hinshaw SP, Swanson JM, et al. Prospective follow-up of children treated for combined type ADHD in a multisite study. *J Am Child Adolesc Psych*. 2009;48(5):461-462.
42. Leins U, Goth G, Hinterberger T, et al. Neurofeedback for children with ADHD: A comparison of SCP and theta/beta protocols. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2007;32:73-88.
43. Gani C, Birbaumer N, Strehl U. Long term effects after feedback of slow cortical potentials and of theta-beta-amplitudes in children with attentiondeficit/hyperactivity disorder (ADHD). *International Journal of Bioelectromagnetics*. 2009;10:209-232.

44. Hammond DC, Davis GB, Gluck G, et al. Standarty of Practice for Neurofeedback and neurotheraphy: a Position Paper of the International Society for Neurofeedback & research. Journal of neurotheraphy. 2011;15:54-65.
45. Sterman MB. Basic concepts and clinical findings in the treatment of seizure disorders with EEG operant conditioning. Clin Electroencephalogr. 2000;31:45-55.