

Efektivitas Prototipe Gim Berbasis Komputer Indonesia terhadap Peningkatan Fungsi Eksekutif Anak Sekolah Dasar

Jubilate Edward Iruanto Tambun, Kristiana Siste Kurniasanti, Tribowo Tuahta Ginting, Tjhin Wiguna
Departemen Ilmu Kesehatan Jiwa Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta

Latar belakang. Fungsi eksekutif adalah kemampuan kognitif untuk melakukan tugas-tugas eksekutif kompleks dalam mencapai tujuan. Gangguan fungsi eksekutif anak sekolah dasar (SD) dapat menyebabkan masalah serius seperti hambatan dalam perilaku sehari-hari, penurunan performa akademik, dan kesulitan mengenali tanda-tanda sosial. Intervensi terhadap fungsi eksekutif merupakan hal yang penting dan belakangan banyak dilakukan melalui gim berbasis komputer.

Tujuan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas intervensi prototipe gim berbasis komputer Indonesia terhadap peningkatan fungsi eksekutif anak SD.

Metode. Dilakukan penelitian kuasi-eksperimental desain *time series*. Subjek dinilai dengan BRIEF-BI format guru, 4 kali terbagi atas pre-, post-5 sesi, post-10 sesi, dan 1 bulan pascaintervensi. Dilakukan analisis statistik: uji non-parametrik Friedman dilanjutkan post hoc-Bonferroni. Subjek penelitian berjumlah 14 orang anak SD berusia 11-12 tahun.

Hasil. Ditemukan peningkatan di seluruh fungsi eksekutif. Skor GEC berubah bermakna setelah intervensi ($p < 0,001$); Skala: inhibisi ($p < 0,001$), adaptasi ($p < 0,001$), kontrol emosional ($p = 0,003$), inisiasi ($p < 0,001$), memori kerja ($p < 0,001$), perencanaan ($p < 0,001$), pengorganisasian material ($p < 0,001$), dan monitor ($p < 0,001$). Peningkatan terjadi setelah 10 sesi intervensi dan bertahan hingga satu bulan pascaintervensi.

Kesimpulan. Pelatihan dengan intervensi Prototipe Gim Berbasis Komputer Indonesia meningkatkan fungsi eksekutif anak SD pada seluruh ranah fungsi eksekutif yang dinilai dengan BRIEF-BI format guru dan masih bertahan hingga satu bulan pascapelatihan. **Sari Pediatri** 2023;24(5):333-40

Kata kunci: fungsi eksekutif; anak sekolah dasar; gim berbasis komputer

Effectiveness of The Indonesian Computer-Based Game Prototype on Improving Executive Function among Elementary School Children

Jubilate Edward Iruanto Tambun, Kristiana Siste Kurniasanti, Tribowo Tuahta Ginting, Tjhin Wiguna

Background. Executive function is the cognitive ability to perform complex executive tasks in achieving goals. Impaired executive function in elementary school children causes serious problems in daily behavior, academic performance, and recognizing social signs. It is important to do executive function intervention, which has recently is done through computer-based games.

Objective. This study aims to assess the effectiveness of an Indonesian computer-based game prototype in improving the executive function of elementary school children.

Methods. A quasi-experimental study of time series design was conducted. Subjects were assessed using the BRIEF-BI teacher format. Statistical analysis performed is Friedman's non-parametric test followed by post-hoc-Bonferroni. The subjects are 14 elementary school children aged 11-12 years.

Result. Improvements were found in all executive functions: changes in GEC score after intervention ($p < 0.001$), on scale: inhibition ($p < 0.001$), adaptation ($p < 0.001$), emotional control ($p = 0.003$), initiation ($p < 0.001$), working memory ($p < 0.001$), planning ($p < 0.001$), organizing material ($p < 0.001$), and monitoring ($p < 0.001$); improvement occurred after 10 intervention sessions and persisted until one month post-intervention.

Conclusion. In conclusion, intervention training with Indonesian Computer-Based Game Prototype improves the executive functions of elementary school children in all areas with the BRIEF-BI teacher format and still lasts up to one month after the training. **Sari Pediatri** 2023;24(5):333-40

Keywords: executive functions; computer-based games; elementary school children

Alamat korespondensi: Jubilate Edward Iruanto Tambun. Departemen Ilmu Kesehatan Jiwa Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jl. Pangeran Diponegoro No. 71, Kenari, Kec. Senen, Jakarta Pusat 10430. Email: j.edward.tambun@gmail.com

Fungsi eksekutif merujuk pada serangkaian keterampilan kognitif yang memungkinkan seseorang menyelesaikan tugas-tugas eksekutif yang kompleks dengan mengendalikan pikiran dan perilaku agar sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Fungsi eksekutif terdiri dari tiga komponen utama yang saling berkaitan, yaitu memori kerja, kontrol inhibisi, dan fleksibilitas kognitif.¹⁻³ Defisit fungsi eksekutif telah dikaitkan dengan masalah kognitif, emosional, dan perilaku yang serius.^{4,9} Pada anak-anak sekolah dasar (SD), defisit fungsi eksekutif dapat menghambat perilaku sehari-hari dan performa akademik.^{4,5,10-14}

Menurut Dajani dkk,¹⁵ proporsi defisit fungsi eksekutif pada anak kategori *typically developing* (TD) hanya sebesar 1%. Namun, pada anak dengan masalah perilaku seperti gangguan pemusatan perhatian dan/hiperaktivitas (GPPH) dan *autism spectrum disorder* (ASD) defisit fungsi eksekutif terdeteksi sebesar 64% dan 47%. Hasil yang sama juga didapatkan oleh Kaligis dkk¹⁶ di Jakarta, 44% anak GPPH mengalami defisit memori kerja sementara anak tanpa GPPH tidak ditemukan adanya defisit memori kerja.¹⁶ Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya oleh Suryani dkk¹⁷ yang mendapatkan 56,8% anak GPPH menunjukkan gangguan fungsi eksekutif. Penelitian oleh Wiguna dkk¹⁸ pada anak SD di Jakarta menunjukkan bahwa 13,7% anak mengalami kesulitan belajar dan 59,6% dari anak dengan kesulitan belajar mengalami defisit memori kerja sedang sampai berat. Mengingat pentingnya peran fungsi eksekutif pada anak, sangatlah penting untuk mengatasi masalah defisit fungsi eksekutif karena dapat memengaruhi fungsi kehidupan sehari-hari dan menentukan kesehatan, kesejahteraan, kualitas hidup, dan pencapaiannya di masa depan.^{4-6,10,12,14,19}

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi kedokteran saat ini membuka peluang untuk mengatasi masalah defisit fungsi eksekutif pada anak dengan berbagai pendekatan, salah satunya melalui pelatihan gim.¹⁹⁻²⁴ Intervensi gim berbasis komputer telah terbukti efektif dalam meningkatkan fungsi eksekutif pada anak dan prototipe gim berbasis komputer Indonesia yang dikembangkan oleh Wiguna dkk. juga menunjukkan hasil positif pada anak SD dengan GPPH.^{33,34} Namun, belum ada penelitian yang menilai efektivitasnya terhadap fungsi eksekutif pada anak SD populasi umum. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas intervensi prototipe gim berbasis komputer Indonesia terhadap fungsi eksekutif anak SD.

Metode

Desain penelitian adalah kuasi-eksperimental *time series* (T0 - T1 - T2 - T3) berupa uji klinis tanpa kelompok pembanding. Subjek penelitian dinilai menggunakan *Behavior Rating Inventory for Executive Functions* – Bahasa Indonesia (BRIEF-BI) tervalidasi dalam Bahasa Indonesia yang diisi oleh guru berdasarkan perilaku anak sehari-hari di lingkungan sekolah. Nilai titik potong instrumen (T) adalah 64 dan defisit fungsi kognitif ditunjukkan bila T >64. Sensitivitas instrumen 85% dan spesifisitas 81% pada nilai titik potong tersebut yang menilai 8 sub skala yang terdiri dari inhibisi, adaptasi, kontrol emosional, inisiasi, memori kerja, perencanaan, organisasi material, dan monitoring.³⁵

Penelitian dilakukan di Rumah Piatu Muslimin, Kramat, Kecamatan Senen, Jakarta Pusat. Pengambilan data dilakukan dalam periode bulan Maret - Mei 2022. Sampel penelitian adalah anak SD berusia 6-12 tahun di SD Swasta Muslimin yang bertempat tinggal di Rumah Piatu Muslimin dan memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Penentuan besar sampel menggunakan Program *General Linear Mixed Model Power and Sample Size* (GLIMMPSSE) versi 3.0.0 dengan hasil penghitungan besar sampel 14 orang, seluruh subjek didapatkan dari metode *simple random sampling*. Kriteria inklusi penelitian adalah anak berusia 6-12 tahun yang bersekolah di SD Swasta Muslimin dan bertempat tinggal di Rumah Piatu Muslimin; pengasuh/ wali, guru, dan anak menyatakan bersedia untuk ikut serta dengan mengisi *informed consent*. Kriteria eksklusi penelitian adalah buta warna yang dinilai menggunakan test Ishihara. Kriteria *drop-out* penelitian adalah tidak mengikuti >10% jumlah seluruh sesi pelatihan yang dilakukan.

Pengambilan data dimulai dengan meminta guru wali kelas untuk mengisi kuesioner BRIEF yang pertama (T0) yang dilakukan sebelum intervensi dengan menggunakan prototipe gim berbasis komputer Indonesia.^{33,36} Kemudian, subjek penelitian memainkan gim secara bersama-sama pada waktu yang sama di pagi hari setiap harinya yang dilaksanakan selama 20- 30 menit setiap sesi, satu sesi per hari hingga lima sesi di minggu pertama. Setiap subjek penelitian harus menyelesaikan keempat tahap dalam satu sesi yang terdiri dari visual tanpa halangan, audio tanpa halangan, visual dengan halangan, dan audio dengan halangan. Di akhir minggu pertama, guru mengisi

kuesioner BRIEF kedua (T1). Pada minggu kedua, subjek penelitian melanjutkan bermain gim satu sesi per hari dan menyelesaikan total 10 sesi. Di akhir minggu kedua, guru mengisi BRIEF ketiga (T2). Satu bulan pascaintervensi yang terakhir, guru diminta kembali untuk melakukan pengisian kuesioner BRIEF terakhir (T3). Tidak ada *drop out* subjek penelitian.

Keefektifan pelatihan prototipe gim berbasis komputer dalam meningkatkan fungsi eksekutif dianalisis dengan menggunakan uji Friedman. Selanjutnya, dilakukan analisis post-hoc dengan uji Bonferroni untuk mengetahui kelompok yang memiliki perbedaan yang bermakna.

Hasil

Sebanyak 14 orang anak berpartisipasi sebagai Subjek penelitian ini dengan rentang usia 11-12 tahun. Proporsi laki-laki dan perempuan sama besar (50%). Berdasarkan hasil penilaian skor BRIEF T0, didapatkan nilai rerata *global executive composite* (GEC) $48,71 \pm 9,40$. Nilai rata-rata setiap skala klinis BRIEF tertera pada Tabel 1. Nilai rata-rata skor BRIEF semuanya di bawah 64 yang menunjukkan bahwa tidak didapatkan adanya gambaran ke arah defisit fungsi eksekutif. Namun, didapatkan proporsi gangguan fungsi eksekutif awal sebesar 14,3% pada skala inhibisi dan kontrol emosional, 7,1% pada skala adaptasi, memori kerja, dan organisasi material (Tabel 2).

Tabel 1. Skor BRIEF T0

Skor BRIEF T0	Rata-rata \pm SD
Skala inhibisi	51,57 \pm 12,77
Skala adaptasi	47,86 \pm 10,86
Skala kontrol emosional	52,36 \pm 13,06
Skor IRP	50,36 \pm 13,09
Skala inisiasi	47,50 \pm 8,54
Skala memori kerja	50,29 \pm 7,42
Skala perencanaan	45,64 \pm 8,13
Skala organisasi material	49,71 \pm 8,43
Skala monitor	47,21 \pm 8,10
Skor IM	47,86 \pm 6,92
Skor GEC	48,71 \pm 9,40

Perubahan skor setelah intervensi

Secara umum ditemukan adanya perubahan skor BRIEF selama dan sesudah intervensi (Tabel 3). Analisis dengan uji Friedman ditemukan adanya perbedaan bermakna skor BRIEF pada semua domain antara sebelum intervensi dan sesudah intervensi dengan nilai $p < 0,001$ untuk semua domain kecuali skala klinis kontrol emosional didapatkan nilai $p = 0,003$. Tabel 4 menunjukkan perubahan gangguan fungsi eksekutif pada setiap domain pada skor BRIEF setelah intervensi. Pada pengukuran BRIEF kedua dan seterusnya, tidak didapatkan lagi adanya skala klinis BRIEF yang mengarah ke defisit fungsi eksekutif.

Analisis post hoc pada skala inhibisi menunjukkan hasil yang bermakna antara T0 dengan T2 ($p = 0,026$) dan antara T0 dengan T3 ($p < 0,001$), (gambar 1A). Pada skala adaptasi didapatkan hasil yang bermakna antara T0 dengan T2 ($p = 0,002$) dan antara T0 dengan T3 ($p < 0,001$), (Gambar 1B). Pada skala inisiasi, menunjukkan hasil yang bermakna antara T0 dengan T2 ($p = 0,005$) dan antara T0 dengan T3 ($p < 0,001$), (Gambar 1D). Untuk skala memori kerja, perbedaan skor yang bermakna didapatkan antara T0 dengan T2 ($p = 0,032$) dan antara T0 dengan T3 ($p < 0,001$), (gambar 1E). Pada skala perencanaan didapatkan adanya perbedaan yang bermakna antara T0 dengan T2 ($p = 0,001$), antara T0 dengan T3 ($p < 0,001$), dan antara T1 dengan T3 ($p = 0,041$) seperti tertera pada Gambar 1F. Demikian juga untuk skala pengorganisasian material,

Tabel 2. Proporsi gangguan fungsi eksekutif berdasarkan Skor BRIEF T0

Komponen BRIEF	Proporsi
Skala inhibisi	2 (14,3)
Skala adaptasi	1 (7,1)
Skala kontrol emosional	2 (14,3)
Skor IRP	1 (7,1)
Skala inisiasi	0
Skala memori kerja	1 (7,1)
Skala perencanaan	0
Skala organisasi material	1 (7,1)
Skala monitor	0
Skor IM	0
Skor GEC	0

didapatkan bahwa perbedaan yang bermakna adalah pengukuran antara T0 dengan T2 ($p < 0,016$) dan T3 ($p < 0,002$), (Gambar 1G). Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan pada skala inhibisi, adaptasi, inisiasi, memori kerja, perencanaan, dan pengorganisasian material didapatkan setelah 10 sesi intervensi dan tetap bertahan pada pengukuran satu bulan pascaintervensi. Dari hasil analisis, belum didapatkan perbaikan setelah 5 sesi intervensi.

Hasil analisis pos hoc pada skala kontrol emosional, perbedaan skor yang bermakna hanya didapatkan antara T0 dengan T3 ($p < 0,013$), (Gambar 1C). Begitu juga pada skala monitor menunjukkan bahwa perubahan skor yang bermakna didapatkan antara T0 dengan T3 ($p = 0,003$) dan antara T1 dengan T3 ($p < 0,020$),

(Gambar 1H). Pada skala kontrol emosional dan skala monitor, setelah 10 sesi intervensi belum menunjukkan adanya perbaikan yang bermakna, perbaikan baru didapatkan pada pengukuran satu bulan pascaintervensi.

Pada gambar 2 tampak hasil analisis post hoc untuk skor GEC yang menilai fungsi eksekutif secara keseluruhan. Didapatkan perbedaan bermakna antara T0 dengan T2 ($p = 0,003$), antara T0 dengan T3 ($p < 0,001$), dan antara T1 dengan T3 ($p = 0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan fungsi eksekutif secara umum terjadi setelah 10 sesi intervensi dan tetap bertahan satu bulan setelah intervensi.

Pembahasan

Hasil studi ini menunjukkan bahwa intervensi dengan prototipe gim berbasis komputer Indonesia

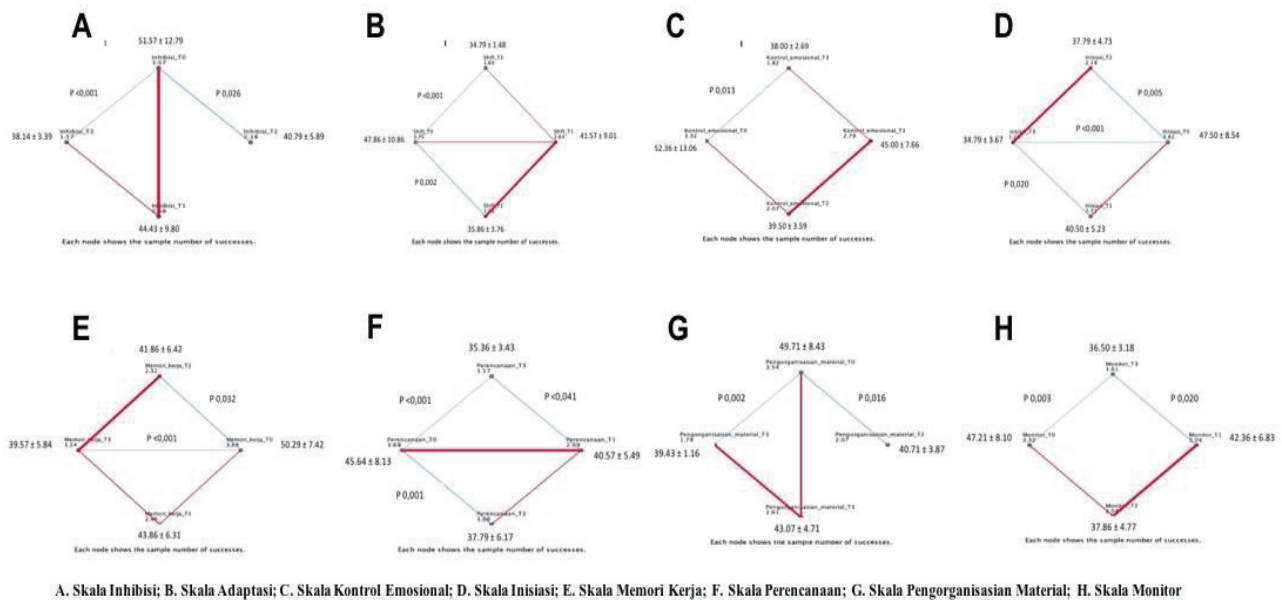
Tabel 3. Perubahan skor setelah intervensi

Skor BRIEF	T0	T1	T2	T3	P
Inhibisi	51,57 ± 12,77	44,43 ± 9,80	40,79 ± 5,89	38,14 ± 3,39	<0,001 ^a
Adaptasi	47,86 ± 10,86	41,57 ± 9,01	35,86 ± 3,76	34,79 ± 1,48	<0,001 ^a
Kontrol emosional	52,36 ± 13,06	45,00 ± 7,66	39,50 ± 3,59	38,00 ± 2,69	0,003 ^a
Skor IRP	50,36 ± 13,09	42,93 ± 8,80	37,29 ± 3,47	35,36 ± 1,69	<0,001 ^a
Inisiasi	47,50 ± 8,54	40,50 ± 5,23	37,79 ± 4,73	34,79 ± 3,66	<0,001 ^a
Memori kerja	50,29 ± 7,42	43,86 ± 6,31	41,86 ± 6,42	39,57 ± 5,84	<0,001 ^a
Perencanaan	45,64 ± 8,13	40,57 ± 5,49	37,79 ± 6,17	35,36 ± 3,43	<0,001 ^a
Pengorganisasian material	49,71 ± 8,43	43,07 ± 4,71	40,71 ± 3,87	39,43 ± 1,16	<0,001 ^a
Monitor	47,21 ± 8,10	42,36 ± 6,83	37,86 ± 4,77	36,50 ± 3,18	<0,001 ^a
Skor IM	47,86 ± 6,92	41,36 ± 5,56	37,71 ± 4,60	35,50 ± 3,50	<0,001 ^a
Skor GEC	48,71 ± 9,40	41,43 ± 6,87	36,93 ± 4,10	34,64 ± 2,79	<0,001 ^a

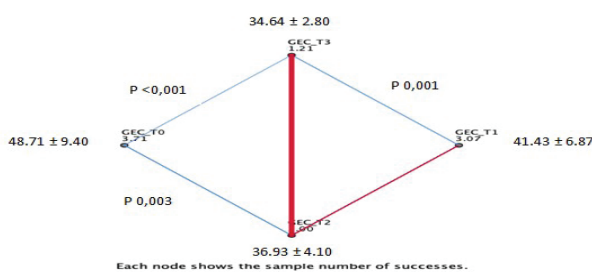
^a Uji Friedman

Tabel 4. Perubahan proporsi gangguan fungsi eksekutif

Skor BRIEF	T0 (n, %)	T1 (n, %)	T2 (n, %)	T3 (n, %)
Inhibisi	2 (14,3)	0	0	0
Adaptasi	1 (7,1)	0	0	0
Kontrol emosional	2 (14,3)	0	0	0
Skor IRP	1 (7,1)	0	0	0
Inisiasi	0	0	0	0
Memori kerja	1 (7,1)	0	0	0
Perencanaan	0	0	0	0
Pengorganisasian material	1 (7,1)	0	0	0
Monitor	0	0	0	0
Skor IM	0	0	0	0
Skor GEC	0	0	0	0



Gambar 1. Analisis Post hoc tiap skala klinis fungsi eksekutif dengan uji Bonferroni



Gambar 2. Analisis post hoc GEC

efektif dalam meningkatkan fungsi eksekutif anak SD. Studi ini merupakan studi pertama yang menilai efektivitas intervensi ini terhadap fungsi eksekutif anak SD populasi umum. Penelitian sebelumnya Wiguna dkk^{33,34} melaporkan bahwa intervensi ini efektif dalam meningkatkan fungsi eksekutif pada anak dengan GPPH. Hipotesis hubungan intervensi yang dilakukan dengan perbaikan fungsi eksekutif adalah pelatihan dapat meningkatkan hubungan fungsional *dorsolateral prefrontal cortex* (DLPFC) sesuai dengan prinsip neuroplastisitas otak.^{4,22,30} Menurut penelitian sebelumnya oleh Dominguez dkk³⁷ jalur DLPFC berperan penting dalam regulasi atensi, penyelesaian masalah, organisasi informasi, regulasi perilaku, peningkatan fungsi eksekutif, dan optimalisasi

fungsi otak. Dengan demikian, fungsi eksekutif dapat meningkat dengan aktivasi DLPFC.^{22,38} Pada anak, area prefrontal belum matur dan perkembangan fungsi eksekutif masih berlangsung sehingga pelatihan dapat meningkatkan kapasitas fungsi eksekutif anak dengan lebih baik.^{3,7,20,24}

Perbaikan fungsi eksekutif yang bermakna didapatkan setelah 10 sesi intervensi dalam waktu dua minggu yang ditandai dengan penurunan skor BRIEF. Sebelumnya, perbaikan fungsi eksekutif dengan intervensi ini pada anak GPPH didapatkan setelah 20 sesi yang diberikan dalam waktu 4 minggu.³⁴ Penelitian lain oleh Traverso dkk¹⁹ mendapatkan perbaikan fungsi eksekutif dengan 12 sesi pelatihan selama 1 bulan pada anak usia prasekolah tanpa defisit fungsi eksekutif. Sementara Yusron dkk⁴⁰ mendapatkan peningkatan fungsi eksekutif dengan 4-5 sesi pelatihan dalam waktu seminggu pada remaja tanpa defisit fungsi eksekutif. Jumlah sesi yang berbeda dapat memengaruhi besarnya perbaikan karena mekanisme kerja dari intervensi itu sendiri, yaitu pelatihan berulang untuk aktivasi DLPFC.^{19,22,30,36} Oleh karena itu, hasil ini menunjukkan bahwa jumlah sesi yang sedikit dapat efektif untuk meningkatkan fungsi eksekutif pada anak SD populasi umum.

Dari hasil penelitian ditemukan bahwa intervensi dengan prototype gim berbasis komputer Indonesia

mengalami perbaikan pada skor GEC dan seluruh skala klinis BRIEF, yaitu skala inhibisi, adaptasi, kontrol emosional, inisiasi, memori kerja, perencanaan, pengorganisasian material, dan monitoring. Terdapat enam komponen dalam konstruksi prototipe gim berbasis komputer Indonesia. Komponen pertama adalah *reward-related processing* untuk menurunkan gejala inatensi dan hiperaktivitas-impulsivitas. Komponen kedua adalah kontrol inhibisi untuk menurunkan gejala inatensi dan hiperaktivitas-impulsivitas dan perbaikan memori kerja. Komponen ketiga adalah perbaikan atensi, keterampilan organisasi, dan memori kerja. Komponen keempat adalah *timing* yang spesifik untuk memperbaiki organisasi. Komponen kelima adalah regulasi *arousal* dan keterampilan inisiasi. Komponen keenam adalah perbaikan regulasi emosional dan penurunan gejala hiperaktivitas-impulsivitas.^{33,36} Temuan ini menunjukkan bahwa selain efek *near transfer*, terjadi juga adanya efek *far transfer*, yaitu perbaikan yang diharapkan akan terjadi pada aktivitas dan kemampuan lain yang mengandalkan jaringan saraf yang sama.²⁹

Hasi-hasil penelitian terdahulu telah mendukung adanya perbaikan fungsi eksekutif pada seluruh domain. Menurut Mondejar dkk⁴¹ terdapat berbagai mekanik *video games*, seperti *accurate action*, *logical puzzles*, *learning patterns*, *mimic sequences*, dan *timely action*. Mekanik *games accurate action* berperan dalam aktivasi kognitif dan meningkatkan inhibisi. Mekanik *logical puzzles* berperan dalam aktivasi kognitif, fungsi eksekutif, memori kerja, dan meningkatkan *shifting*. Mekanik *learning patterns* berperan dalam peningkatan fungsi eksekutif dan inhibisi. Mekanik *mimic sequences* berperan dalam peningkatan memori kerja dan inhibisi. Mekanik *timely action* berperan dalam meningkatkan *shifting* dan memori kerja. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbaikan pada seluruh ranah fungsi eksekutif setelah mendapatkan intervensi.

Namun, didapatkan bahwa tidak seluruh ranah dari fungsi eksekutif subjek penelitian mengalami perbaikan dalam satu waktu. Pada pengukuran setelah 10 sesi intervensi, didapatkan perbaikan fungsi eksekutif untuk ranah inhibisi, adaptasi, inisiasi, memori kerja, perencanaan, dan pengorganisasian material. Terdapat dua ranah fungsi eksekutif yang mengalami perbaikan lebih lambat, yaitu kontrol emosional dan monitor. Kedua skala termasuk dalam komponen *self-control* dari kontrol inhibisi. Regulasi emosi dipengaruhi interaksi berbagai struktur kortikal dan subkortikal regio otak

prefrontal. Dalam mencapai keterampilan untuk fungsi kontrol emosional dan kontrol perilaku, diperlukan perbaikan komponen fungsi eksekutif lainnya terlebih dahulu.¹ Fungsi eksekutif merupakan sekelompok kemampuan neurokognitif yang menyokong kesadaran, kontrol akan perhatian dan pemikiran, aksi serta emosi. Secara garis besar terdapat dua jenis fungsi eksekutif yaitu *cool* dan *hot*. Fungsi eksekutif *cool* terdiri dari kontrol inhibisi, memori kerja dan fleksibilitas kognitif yang ketiganya bergantung pada jejaring neural di sisi lateral dari korteks prefrontal. Kemudian fungsi eksekutif *hot* yang bergantung pada hubungan antara sisi ventral dan medial dari korteks prefrontal dengan wilayah mesolimbik (termasuk amygdala dan striatum) untuk berperan dalam penilaian. Kedua jenis fungsi eksekutif ini akan bekerja sama untuk mempertahankan fokus atensi, mencapai tujuan dan menyimpan informasi dalam pikiran serta menahan pikiran impulsif, distraksi, frustrasi yang dapat ditoleransi serta mempertimbangkan konsekuensi dari berbagai perilaku berbeda, merefleksikan pengalaman-pengalaman sebelumnya dan merencanakan masa depan.^{1,3,22,27,38}

Pada penelitian ini ditemukan bahwa perbaikan fungsi eksekutif tetap terlihat pada pengukuran satu bulan setelah intervensi. Hasil analisis post hoc menunjukkan bahwa tidak terdapat penurunan skor BRIEF yang signifikan antara T2 dan T3. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan gim ini memiliki retensi terhadap perbaikan fungsi eksekutif anak bahkan sesudah intervensi ini dihentikan. Prinsip dari intervensi terkait neuroplastisitas otak adalah latihan berulang menciptakan jalur baru (neurogenesis) dan menyusun kembali jalur yang sudah ada (sinaptogenesis). Jadi, pelatihan fungsi eksekutif dapat memberikan hasil yang baik dalam jangka waktu panjang. Fungsi otak perlu dilatih langsung dan berulang. Keterampilan yang dilatih membutuhkan waktu adaptasi dan akomodasi sehingga muncul keterampilan.^{22,24,29,30,33,38}

Meskipun studi ini berhasil membuktikan efektifitas intervensi gim terhadap fungsi eksekutif, masih terdapat keterbatasan yang perlu menjadi perhatian. Beberapa bias dapat terjadi terkait instrumen yang dipilih untuk mengukur luaran fungsi eksekutif, jumlah dan cara pengambilan sampel, serta durasi pengukuran luaran yang singkat. Oleh karena itu, replikasi penelitian di masa depan perlu mempertimbangkan aspek-aspek, seperti penambahan jumlah sampel pada populasi yang lebih luas, penggunaan alat ukur konkret untuk menilai perbaikan fungsi eksekutif dalam fungsi sehari-hari,

dan desain penelitian longitudinal dengan pengukuran luaran yang lebih panjang. Hal ini perlu dilakukan agar dapat menilai efektivitas dan stabilitas dari efek intervensi ini untuk jangka panjang.

Kesimpulan

Pelatihan dengan intervensi Prototipe Gim Berbasis Komputer Indonesia dapat meningkatkan fungsi eksekutif anak SD pada seluruh domain fungsi eksekutif yang dinilai dengan BRIEF-BI format guru. Pengukuran berulang menunjukkan perbaikan bermakna setelah 10 sesi intervensi kecuali untuk skala klinis kontrol emosional dan monitor, perbaikan didapatkan setelah satu bulan pascaintervensi. Peningkatan fungsi eksekutif bertahan setelah satu bulan pascaintervensi yang menunjukkan adanya efek yang tetap bertahan setelah intervensi selesai dan dihentikan. Dalam jangka panjang, penelitian ini dapat membuka pintu untuk pengembangan intervensi yang lebih baik dalam meningkatkan fungsi eksekutif anak dan memberikan manfaat bagi anak dan masyarakat secara keseluruhan.

Daftar pustaka

1. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol* 2013;64:135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
2. Gilbert SJ, Burgess PW. Executive function. *Current Biol* 2008;18(3). doi:10.1016/j.cub.2007.12.014.
3. Mezzacappa E. Executive function. In: the curated reference collection in neuroscience and biobehavioral psychology. Elsevier Science Ltd.; 2016:142-50. doi:10.1016/B978-0-12-809324-5.06001-6.
4. Hertrich I, Dietrich S, Blum C, Ackermann H. The role of the dorsolateral prefrontal cortex for speech and language processing. *Front Hum Neurosci* 2021;15:645209. doi:10.3389/fnhum.2021.645209.
5. Nouwens S, Groen MA, Verhoeven L. How storage and executive functions contribute to children's reading comprehension. *Learn Individ Differ* 2016;47:96-102. doi:10.1016/j.lindif.2015.12.008.
6. Harms MB, Zayas V, Meltzoff AN, Carlson SM. Stability of executive function and predictions to adaptive behavior from middle childhood to pre- adolescence. 2014;5:1-11. doi:10.3389/fpsyg.2014.00331.
7. Silver CH. *Child neuropsychology : A journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence sources of data about children's executive functioning : review and commentary.* 2012;2014):37-41. doi:10.1080/09297049.2012.727793
8. Grissom NM, Herdt CT, Desilets J, Lidsky-Everson J, Reyes TM. Dissociable deficits of executive function caused by gestational adversity are linked to specific transcriptional changes in the prefrontal cortex. *Neuropsychopharmacology* 2015;40:1353-63. doi:10.1038/npp.2014.313
9. Sadock BJ, Sadock VA RP. *Synopsis of psychiatry: Behavioral sciences/clinical psychiatry.* Edisi ke-11. (Pataki CS SN, ed.). Wolters Kluwer; 2015.
10. Zelazo PD, Carlson SM. The neurodevelopment of executive function skills: Implications for academic achievement gaps. *Psychol Neurosci* 2020;13:273- 98. doi:10.1037/pne0000208
11. Hill MS, Wagovich SA. Word learning from context in school-age children: Relations with language ability and executive function. *J Child Lang.* 2020; doi:10.1017/S0305000919000989.
12. Gordon R, Smith-Spark JH, Newton EJ, Henry LA. Executive function and academic achievement in primary school children: The use of task-related processing speed. *Front Psychol* 2018;9:1-4. doi:10.3389/fpsyg.2018.00582.
13. Colom R, Abad FJ, Quiroga MÁ, Shih PC, Flores- Mendoza C. Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence* 2008;36:584-606. doi:10.1016/j.intell.2008.01.002.
14. Alloway TP. Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *Eur J Psychological Assess* 2009;25:92-8. doi:10.1027/1015-5759.25.2.92.
15. Dajani DR, Llabre MM, Nebel MB, Mostofsky SH, Uddin LQ. Heterogeneity of executive functions among comorbid neurodevelopmental disorders. *Sci Rep* 2016;6:36566. doi:10.1038/srep36566.
16. Evi, Kaligis F, Wiguna T, Agung Ayu Kusumawardhani A. Gangguan memori kerja pada anak dengan gangguan pemusatan perhatian dan hiperaktivitas: suatu studi komparatif. *Sari Pediatri* 2021;23:88-94.
17. Suryani E. *Gambaran fungsi eksekutif pada anak sekolah dasar dengan gangguan pemusatan perhatian/hiperaktivitas (GPPH) di Wilayah DKI Jakarta,* (tesis). Jakarta. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2011.
18. Wiguna T, Noorhana Setyawati WR, Kaligis F, Belfer ML. Learning difficulties and working memory deficits among primary school students in Jakarta, Indonesia. *Clin Psychopharmacol Neurosci* 2012;10:105-109. doi:10.9758/cpn.2012.10.2.105.
19. Traverso L, Viterbori P, Usai MC. Improving executive function in childhood: evaluation of a training intervention for 5-year-old children. *Front Psychol* 2015;6:525. doi:10.3389/fpsyg.2015.00525.
20. Karch D, Albers L, Renner G, Lichtenauer N, von Kries R. The efficacy of cognitive training programs in children and adolescents: a meta-analysis. *Dtsch Arztebl Int.* 2013;110:643-652. doi:10.3238/arztebl.2013.0643.
21. Rosas R, Espinoza V, Porflitt F, Ceric F. Executive functions can be improved in preschoolers through systematic playing in educational settings: Evidence from a longitudinal study. *Front*

- Psychol 2019;10. doi:10.3389/fpsyg.2019.02024.
22. Ballesteros S, Voelcker-Rehage C, Bherer L. Cognitive and brain plasticity induced by physical exercise, cognitive training, video games, and combined interventions. *Front Hum Neurosci* 2018;12:1-7. doi:10.3389/fnhum.2018.00169.
 23. Hessel D, Schweitzer JB, Nguyen D v, dkk. Cognitive training for children and adolescents with fragile X syndrome: A randomized controlled trial of Cogmed. *J Neurodev Disord* 2019;11:1-14. doi:10.1186/s11689-019-9264-2
 24. Ladner-Merz S, Stengel F. The efficacy of cognitive training programs in children and adolescents: A meta-analysis. *Dtsch Arztebl Int.* 2014;111(6):99. doi:10.3238/arztebl.2014.0099a
 25. Alabdulkareem E, Jamjoom M. Computer-assisted learning for improving ADHD individuals' executive functions through gamified interventions: A review. *Entertain Comput* 2020;33:100341. doi:10.1016/j.entcom.2020.100341
 26. Hendriyani, Hollander E, d'Haenens L, Beentjes JWJ. Children's media use in Indonesia. *Asian J Commun* 2012;22:304-319. doi:10.1080/01292986.2012.662514
 27. Boyle E, Terras MM, Ramsay J, Boyle JME. Executive functions in digital games. *Leadership and personnel management: Concepts, methodologies, tools, and applications.* 2016;1:542-69. doi:10.4018/978-1-4666-9624-2.ch025.
 28. Brandyberry AA, Pardue JH. The Effectiveness of Computer-Based " Game Show " Formats in Survey Courses : A Quasi-Experiment 2014;12:109-115.
 29. Olfers KJF, Band GPH. Game-based training of flexibility and attention improves task-switch performance: near and far transfer of cognitive training in an EEG study. *Psychol Res* 2018;82:186-202. doi:10.1007/s00426-017-0933-z.
 30. Cao Y, Huang T, Huang J, Xie X, Wang Y. Effects and moderators of computer-based training on children's executive functions: A systematic review and meta-analysis. *Front Psychol* 2020;11:580329. doi:10.3389/fpsyg.2020.580329.
 31. DAVIS S, Oord S van der, Wiers RW, Prins PJM. Improving executive functioning in children with ADHD : Training multiple executive functions within the context of a computer game . A Randomized Double-Blind Placebo Controlled Trial. *PLoS One* 2015;1-30. doi:10.1371/journal.pone.0121651.
 32. van der Oord S, Ponsioen AJGB, Geurts HM, Brink ELT, Prins PJM. A pilot study of the efficacy of a computerized executive functioning remediation training with game elements for children with ADHD in an outpatient setting: Outcome on parent- and teacher-rated executive functioning and ADHD behavior. *J Atten Disord* 2014;18:699-712. doi:10.1177/1087054712453167.
 33. Wiguna T, Ismail RI, Kaligis F, dkk. Developing and feasibility testing of the Indonesian computer-based game prototype for children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Heliyon* 2021;7:e07571. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07571.
 34. Edduwar IR. Penentuan validitas dan reliabilitas instrumen behavior rating inventory of executive function, (tesis). Jakarta. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2009.
 35. Bahana R, Gaol FL, Wiguna T, dkk. Performance test for prototype game for children with adhd. *J Phys Conf Ser* 2018;978(1). doi:10.1088/1742-6596/978/1/012004.
 36. León-Domínguez U, Martín-Rodríguez JF, León- Carrión J. Executive n-back tasks for the neuropsychological assessment of working memory. *Behavioural Brain Research* 2015;292:167-73. doi:10.1016/j.bbr.2015.06.002.
 37. Stuss DT, Knight RT. Principles of frontal lobe function. Oxford University Press; 2009. doi:10.1093/acprof:oso/9780195134971.001.0001.
 38. Kay APMG mac. Executive functions and aging. *Codas* 2016;28:329-30. doi:10.1590/2317- 1782/20162016056.
 39. Yusron IR, Kusrohmaniah S. Efektivitas training fungsi eksekutif terkomputerisasi dalam meningkatkan kapasitas fungsi eksekutif dan performa akademik matematika. *Gajah Mada JProfessional Psychol (GamajPP).* 2020;6:177. doi:10.22146/gamajpp.54712.
 40. Mondéjar T, Hervás R, Johnson E, Gutierrez C, Latorre JM. Correlation between videogame mechanics and executive functions through EEG analysis. *J Biomed Inform* 2016;63:131-140. doi:10.1016/j.jbi.2016.08.006.