

## “Cool” dan “Hot” Brain Executive Functioning dan Performansi Akademik Siswa

Nani Restati Siregar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Psikologi  
Universitas Halu Oleo

### Abstract

The study of literature was to aim exploring role of cool and hot executive functions (EF) on academic performance. It was consist of (a) what are they; (b) developmental hot and cool EF; and (c) The dynamic of hot and cool EF toward academic performance. This study of literature explores a distinction (and relationship, too) made within this general domain that has emerged only recently in the theoretical and empirical literature: cool and hot executive function. Cool executive functions were related as cognitive tasks (working memory, cognitive flexibility, inhibition control), and hot executive functions were related as emotion tasks (motivation, affective decision making, behavior). Both of them played an important role in academic performance. Implication of literatures study should be useful for teaching strategy in classroom. Teachers need to create good atmosphere, in particular to stimulate positive emotions for learners

*Keywords:* cool executive function; hot executive function; neuropsychology

### Pengantar

Kesuksesan akademik ditandai keterampilan *executive function* yang memadai (Visu-Petra, Cheie, Benga, & Miclea, 2011). Oleh sebab itu diperlukan rancangan yang efektif dan efisien dalam memenuhi kebutuhan anak baik secara emosi, sosial, maupun fisik yang tertuang dalam kurikulum pembelajaran di sekolah (Diamond, 2014). Mann, *et al.*, (2015) menemukan bahwa buruknya performansi akademik pada siswa sekolah menengah merupakan indikator kuat terhadap lemahnya keterampilan *executive function* (EF). Kondisi demikian salah satunya disebabkan oleh kurangnya pemberian stimulus di tahap sebelumnya. Oleh karena

itu, latihan-latihan diperlukan sejak masa kanak yang ditujukan pada kinerja EF (Diamond, 2012). Konsep *executive function* yang menganggap bahwa kognitif merupakan inti dari kinerja *executive function*, sedangkan peran emosi dan motivasi tidak diperhitungkan. Dalam perspektif, teori dan asesmen terhadap *executive function* memfokuskan secara murni pada keterampilan kognitif yang distimulasi melalui hal-hal abstrak, dekontekstualisasi, dan kondisi non afektif (Peterson & Welsh, 2014). Di sisi lain, para ahli lainnya mulai mempertimbangkan peran motivasi dan afek dari *executive function*, sehingga pada akhirnya banyak penelitian yang mengkaji mengenai peran *executive function* pada situasi sosial dan emosional. *Executive function* menjadi konsep yang penting terutama mengenai riset

---

<sup>1</sup> Korespondensi artikel ini dapat dilakukan melalui:  
[nanirestatiiham@gmail.com](mailto:nanirestatiiham@gmail.com)

pada perkembangan anak, oleh karena *executive function* telah banyak ditemukan menjadi prediktor kuat terhadap kesiapan sekolah, prestasi akademik dan perilaku sosial pada anak normal maupun yang mengalami disabilitas (Brock, Rim-Kaufman, Nathanson, & Grimm, 2009; Jacobson, Williford, & Pianton, 2011; Will, Fidler, Daunhaver & Gerlach-McDonald, 2017).

Peserta didik menggunakan proses mental dalam aktivitas belajar di dalam kelas, seperti berpikir, bernalar dan kegiatan pembelajaran berbasis masalah terkait dengan keterlibatan kognitif (Rotgans, & Schmidt, 2011). Selanjutnya, proses kognitif pun dianggap sebagai prediktor kuat performansi akademik peserta didik (Bangirana, Menk, John, Boivin, & Hodges, 2013). Di sisi lain, pengaruh emosi terhadap prestasi akademik tidak dapat diabaikan, bahwa baik emosi negatif maupun emosi positif pada prestasi akademik dihubungkan melalui proses kognitif (Valiente, Swanson, & Eisenberg, 2012) dan keterlibatan orang tua terhadap sekolah anak (Lv *et al.*, 2016). Berdasarkan hal tersebut, tampak bahwa kognitif berperan secara langsung terhadap performansi akademik peserta didik, dan emosi berperan secara tidak langsung. Baik emosi dan kognitif, keduanya memiliki dinamika dalam memengaruhi performansi akademik. Oleh karenanya, aktivitas proses mental, seperti berpikir rasional, bernalar dan pemecahan masalah yang mendukung prestasi akademik merupakan proses kognitif yang mana juga melibatkan emosi (Gutnik, Haleimzada, Yoskowitz, & Patel, 2006; Jung, Wranke, Hamburger & Knauff, 2014). Di dalam konteks yang berbeda, Phelps (2006) mengatakan bahwa kemampuan untuk mengatur respon emosional adalah komponen penting dari fungsi sosial dan interaksi adaptif yang normal dengan

lingkungan. Meskipun rangsangan tertentu mungkin cenderung menimbulkan reaksi emosional, bagaimana rangsangan tersebut diproses dan ditafsirkan dapat memberi dampak besar pada keadaan internal dan perilaku serta tindakan. Melalui strategi dan praktek sadar, individu dapat mengubah interpretasi rangsangan spesifik mereka, dan ini dapat mengubah reaksi emosional, mengubah respon emosional melalui penalaran dan strategi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh kognisi terhadap emosi.

*Pre frontal cortex* (PFC) merupakan area kortikal pada otak bagian depan yang mengatur fungsi kognitif dan emosi. Dalam neuropsikologi dikenal dengan istilah *executive function* yang merupakan kinerja dari *pre frontal cortex* tersebut. *Executive function* (EF) merupakan suatu istilah yang mencakup domain proses kognitif yang terkait dengan *working memory*, *inhibition control*, dan *shifting/cognitive flexibility*, yang mana menjadi perhatian secara luas dalam penelitian neuropsikologi dan kognitif neurosains (Diamond, 2013; Blair, 2016a; Blair, 2016b; Miyake *et al.*, 2000). PFC terdiri dari beberapa sub area, yakni : *orbito frontal cortex* (OFC) *anterior cingulate cortex* (ACC) dan *ventrolateral* (VL-PFC) *dorsolateral* (DL-PFC) *rostolateral prefrontal cortex* (RL-PFC). Masing-masing sub area tersebut menunjukkan perbedaan pola terkoneksi dengan area lainnya di otak. Misalnya OFC terkoneksi langsung dengan amigdala, berperan pada keputusan menghindar atau mendekat (*approach-avoidance decision*). Sementara sub area lateral dari PFC (selain OFC dan ACC yang merupakan area medial) tidak terkoneksi secara langsung dengan amigdala. Perbedaan disfungsi atau rusaknya sub area tertentu dari PFC tersebut, ditandai dengan gangguan dalam perkembangan (Zelazo, Carlson, & Kesek, 2008). Park, *et. al.* (2018) menyebutkan

bahwa lemahnya koneksi antara medial PFC dengan amigdala dianggap sebagai penyebab tingginya tingkat perilaku agresif dan gangguan perhatian pada anak. Park, *et. al.* lebih lanjut menekankan bahwa konektivitas keduanya sebagai indikator kesehatan mental. *Prefrontal cortex (PFC)* terkoneksi dengan wilayah *cortex* dan *sub-cortex* yang mana area korteks merupakan fungsi berpikir sadar, misalnya bernalar, berpikir logika, pemecahan masalah. Dan, sub korteks merupakan struktur otak bagian dalam yang sangat cepat mendata stimulus (sebelum sampai pada korteks) yang bermuatan emosi. Ini disebabkan peran amigdala yang kuat. Dinamika keduanya disebut dengan *top-down* untuk peran PFC yang lebih kuat, dan *bottom-up* untuk keterlibatan kuat amigdala dan *anterior cingulate cortex* bagian dorsal (Comte, *et al.*, 2016). Bonelli & Cummings (2007) menyebutkan bahwa gangguan *executive function* misalnya apatis dan impulsif merupakan representasi disfungsi pada sirkuit frontal dan sub korteks. Adapun konsep *executive function* menurut Zelazo dan Müller (2011) membagi menjadi dua domain perkembangan, yakni perkembangan aspek afektif yang disebut "*hot*" EF yang lebih terkait dengan bagian ventral dan medial dari PFC. Sedangkan, perkembangan aspek kognitif, yakni "*cool*" terkait dengan lateral. Adapun implikasi kinerja "*cool*" *executive function* misalnya, berpikir abstrak dan pemecahan masalah. Para peneliti tertarik untuk mengaji perkembangan "*hot*" *executive function*, yang mana merujuk pada sub area di PFC yakni *orbitofrontal cortex*, berperan pada situasi yang membangkitkan motivasi dan melibatkan emosi dikarenakan oleh tujuan mendapatkan *reward* dan menghindari *punishment* (Happaney, Zelazo, & Stuss, 2004; Zelazo & Müller, 2002). Istilah *executive function* yang dikenal selama ini adalah merujuk pada proses kognitif atau sebutan lainnya yakni

*higher-order thinking* atau *higher-order cognitive functioning*, merupakan istilah yang tidak semata terkait dengan aktivitas kognitif saja, namun juga berkaitan dengan aktivitas yang melibatkan emosi. Kognitif dapat menjadi kontrol bagi emosi. Di sisi lain, peran emosi dapat mengganggu kontrol kognitif, pembajakan perhatian dan menguras sumber kognitif (Marc, Todd, & Michael, 2007).

Berdasarkan uraian di atas, dianggap perlu mengkaji pengaruh kognitif terkait dengan *cool executive function* (EF) dan kontribusi emosi yang terkait dengan *hot executive function* (EF) terhadap performansi akademik peserta didik. Sekalipun, keduanya berbeda jalur tugas (*cool* ke arah kognitif dan *hot* pada aspek emosi), namun baik *hot* dan *cool* EF memiliki dinamika dalam memberikan pengaruhnya pada performansi akademik. Artikel ini membahas mengenai : (a) apakah itu '*hot*' dan '*cool*' *executive function*; (b) perkembangan '*hot*' dan '*cool*' *executive function*; (c) dinamika *hot* dan *cool executive function* pada performansi akademik.

## Pembahasan

### *'Hot' dan 'Cool' Brain Executive Function*

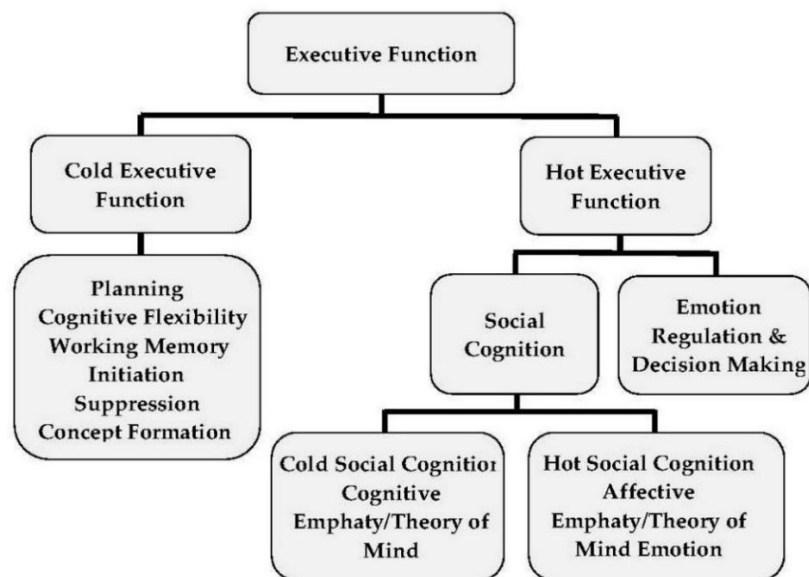
Hal yang telah diketahui bersama bahwa lebih sulit memikirkan sesuatu saat dalam kondisi emosional atau saat tengah frustrasi maupun sedang marah. Mengapa demikian? Dan, apa yang terjadi pada otak? Untuk memahami mengapa usia anak sampai dengan dewasa masing-masing berbeda dalam membuat keputusan yang melibatkan peran emosi, yakni bergantung pada konsekuensi yang akan diterima. Kondisi demikian terkait dengan *hot* dan *cool executive function*. *Hot executive function* mengacu pada keterampilan *self-management* yang digunakan dalam situasi yang memunculkan motivasi dan emosional. *Cool*

*executive function* terkadang juga diistilahkan *cold executive function*, lebih mengacu pada konteks netral (Zelazo & Carlson, 2012). Para ahli menjelaskan berdasarkan riset yang telah dilakukan bahwa bagaimana emosi dan faktor lainnya memengaruhi tiga kinerja inti dari *executive function*, yakni : (a) *cognitive flexibility* (Wang, Chen, & Yue, 2017; Yazdi, Farahi, Farahi, & Hosseini, 2018).; (b) *working memory* (Hur, Jordan, Dolcos, & Barenbaum, 2017; Osaka, Yaoi, Minamoto, & Osaka, 2013); dan (c) *inhibitory control* (Kalantrouff, Cohen, & Henik, 2013);

Temuan yang membahas mengenai *hot executive function* telah membuka 'jalan' yang luas tentang konsep *executive function* dengan mempertimbangkan aspek motivasi dan afeksi terhadap *executive function*. Keterlibatan *hot executive function* (EF) mendorong para ahli untuk menganggap penting keterlibatan tersebut dalam pengambilan keputusan dan pemecahan masalah pada kehidupan sehari-hari yang sebelumnya tidak mempertimbangkan konsekuensi dari emosi dan motivasi. Perbedaan domain perkembangan *hot EF* yang terkait dengan

emosi dan motivasi, dan *cool EF* tersebut memberikan informasi pada kajian mengenai perkembangan emosi dan sosial anak, yakni terkait dengan pemberian intervensi berbasis neuropsikologi (Tsermentseli & Poland, 2016).

Zimmerman, Ownsworth, O'Donovan, Roberts dan Gullo (2016) menguraikan bahwa konsep *cold* berbeda dengan *hot executive function*, yang mana *cold executive function* merujuk pada mekanisme kinerja kognitif (misalnya, *working memory*). Dan, *hot executive function* memerlukan dukungan kemampuan kognitif melalui kesadaran emosional dan persepsi sosial (misal, kognisi sosial). Penelitian Zimmerman *et al.* (2016) melalui subjek penderita *autism syndrome disorder* (ASD) yang mengalami rekognisi emosi dan inferensi sosial yang buruk, yang disebabkan oleh performansi rendah pada *working memory*, inisiasi respon dan proses supresi. Hasil penelitian tersebut mendukung pendapat para ahli sebelumnya bahwa konsep *cold* dan *hot executive function* berbeda dalam fungsi, namun terintegrasi dalam sistem neural di otak dan bekerja saling memengaruhi satu sama lainnya.



Gambar 1. *Framework of Executive Function Processes* (diadaptasi dari Chan, *et al.* (2008) & McDonal (2013), dalam Zimmerman, Onsworth, Donovan, Roberts & Gullo, 2016).

Perbedaan antara *hot* dan *cool executive function* bermanfaat dalam memahami perilaku anak, khususnya masa pra sekolah. Meuwinsen dan Zelazo (2014) menguraikan melalui contoh sebuah cerita pada anak usia pra sekolah yang mengambil mainannya di dalam kamar dan melewati sebuah lorong. Selanjutnya masuk ke ruang tamu sebelum anak tersebut dapat keluar dan bermain. Tampaknya, sederhana, namun bagaimana melihat tugas tersebut dengan sudut pandang *cool* dan *hot executive function*, dan menganggapnya menjadi luar biasa. Pada *cool executive function*, bahwa anak harus mengingat tiga lokasi yang dilewatinya saat mengambil mainannya sampai akhirnya

bermain. *Hot executive function* dapat dilihat dari keinginan yang kuat pada anak untuk segera bermain sehingga dapat menyulitkan bagi anak untuk fokus dan mengingat tiga lokasi yang dilewatinya.

#### *Perkembangan Hot dan Cool Brain Executive Function*

Perkembangan otak, *cool*, dan *hot executive function* secara umum telah diuraikan oleh para ahli. Luca dan Leventer (2008) melakukan pemetaan dari berbagai hasil penelitian para ahli terhadap karakteristik perkembangan *cool* dan *hot executive function* pada masing-masing usia pada Tabel 1.

Tabel 1.  
Perkembangan Otak dan *Cold & Hot Executive Function* Sepanjang Rentang Kehidupan

Usia	Perkembangan Otak	<i>Cold EF<sup>a</sup></i>	<i>Hot EF<sup>a</sup></i>
3 tahun	Peningkatan volume <i>gray matter</i> dan <i>white matter</i>	Kemampuan <i>inhibitory control</i> dan <i>sustained attention</i> sampai dengan usia 5 tahun. Dan, kemampuan <i>cognitive flexibility</i> yang mulai tampak.	Kemampuan keputusan benar dan salah mulai terbentuk
5 tahun	Peningkatan metabolisme dan volume <i>gray matter</i> serta <i>white matter</i>	<i>Working memory</i> , dan mulai menunjukkan kemampuan <i>planning</i> serta <i>goal-directed behavior</i>	Kesadaran mengenai keyakinan orang dewasa di sekitar
6 tahun	Peningkatan metabolisme		<i>Sophisticated adult-like theory of mind</i> Memahami pernyataan yang bertentangan (konflik secara mental)
8 tahun	Peningkatan <i>white matter</i> di area frontalis	Matangnya keterampilan <i>cognitive flexibility</i> , inhibisi dan <i>sustained</i> sampai usia 11 tahun	Pemahaman terhadap metafora social
9 tahun	Peningkatan <i>white matter</i> di area frontalis	<i>Working memory</i> dan perencanaan strategi	Berkembangnya pemahaman terhadap kesalahan dalam bertindak sampai usia 11 tahun

## SIREGAR

Usia	Perkembangan Otak	Cold EF <sup>a</sup>	Hot EF <sup>a</sup>
11 tahun	Perkembangan korteks (periode kedua) pada anak laki-laki	Perkembangan pesat pada <i>goal-directed behavior</i>	
12 tahun	Perkembangan korteks (periode kedua) pada anak perempuan	Perkembangan pesat pada <i>goal-directed behavior</i>	
13-14 tahun	Peningkatan <i>white matter</i> di area frontalis, menurunnya jumlah <i>gray matter</i> yang disebabkan oleh menurunnya kepadatan sinap.		Peningkatan kemampuan pengambilan keputusan afeksi sampai usia 17 tahun
15 tahun	Peningkatan <i>white matter</i> di area frontalis, menurunnya jumlah <i>gray matter</i> yang disebabkan oleh menurunnya kepadatan sinap.	Peningkatan kontrol perhatian, kecepatan memproses dan kematangan dalam <i>inhibition</i> .	
16-19 tahun	Peningkatan <i>white matter</i> di area frontalis, menurunnya jumlah <i>gray matter</i> yang disebabkan oleh menurunnya kepadatan sinap.	<i>Working memory, strategic planning</i> dan <i>problem solving</i> sampai usia 19 tahun	
20-29 tahun	Akhir dari mielinisasi ( <i>myelination</i> )	<i>Working memory</i> dan <i>strategic planning</i> yang sudah matang	Pengambilan keputusan afektif yang telah matang
30-49 tahun	mulai berkurang berat otak, sampai dengan 10% pada usia 90 tahun		
50-64 Tahun	Karakteristik istimewa <i>white matter</i> di area <i>prefrontal cortex</i>	Menurunkan kemampuan <i>organization, planning, shifting, working memory</i> dan <i>goal setting</i> . Kemampuan memproses informasi yang melambat	
65-74 tahun	Menurunnya kecepatan aliran darah di otak		Penurunan kemampuan pengambilan keputusan afeksi.
75 tahun dst	Menurunnya kecepatan aliran darah di otak		Defisit dalam ToM

<sup>a</sup>EF : *Executive Function*

Uraian di atas memberikan informasi bahwa terjadi perkembangan pesat pada otak di tahapan usia tertentu, yakni sebelum memasuki usia belasan. Selanjutnya, memasuki usia belasan terdapat perbedaan usia

dalam perkembangan lanjutan pada korteks antara laki-laki dan perempuan. Kepadatan sinapsis mulai berkurang sepanjang usia belasan tersebut dan mencapai akhir dari *mielinisasi* di akhir usia dua puluhan.

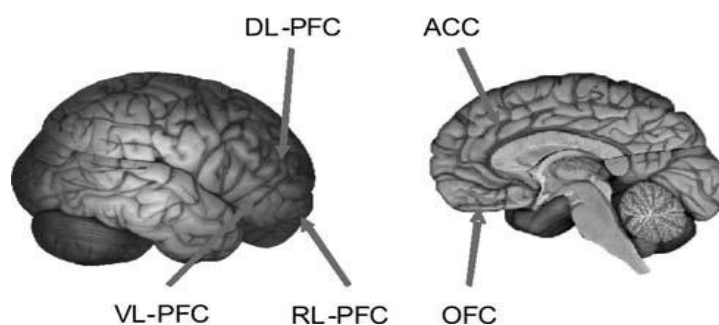
Sejalan dengan hal tersebut, maka fungsi *hot* dan *cool executive function* menunjukkan kematangan seiring dengan bertambahnya usia, namun mengalami penurunan fungsi keduanya seiring dengan menurunnya perkembangan otak.

*Hot* dan *cool executive function* (EF) keduanya merupakan kinerja dari *lobus frontalis*, tepatnya di *pre frontal cortex* (PFC). Zelazo dan Lee (2010) menguraikan bahwa PFC adalah area yang heterogen, yang terdiri dari beberapa sub region yang berbeda, yakni : *orbitofrontal cortex*, *anterior cingulate cortex*, *ventrolateral*, *dorsolateral*, dan *rostrolateral prefrontal cortex*. *Executive function* bukan merupakan satu unit proses kognitif, melainkan konstrak psikologi yang tersusun atas banyak keterampilan kognitif tingkat tinggi yang saling terkait satu sama lain (Anderson, 2008). Secara tradisional, konsep *executive function* memfokuskan pada dua aspek yakni, "*cool*" *executive function* sebagai aspek kognitif, yang sering dianggap merupakan tugas dari sub area *lateral prefrontal cortex*; dan aspek "*hot*" *executive function* diatur oleh *orbitofrontal cortex* dan berperan pada situasi yang melibatkan emosi dan motivasi dikarenakan faktor hadiah dan hukuman (Happaney, Zelazo, & Stuss, 2004; Zelazo & Müller, 2002). Di bawah ini adalah gambar otak dengan kinerja *executive function* yang berada pada PFC beserta empat sub regionnya.

*Prefrontal cortex* (PFC) bagian lateral merepresentasikan fungsi kognitif; yang mana *orbitofrontal* dan *anterior cingulate* memiliki koneksi kuat dengan amigdala dan dianggap sebagai fungsi emosi dan memori emosional (Ritchey, Dolcos, & Cabeza, 2008). Kolaborasi koneksi pada area prefrontal tersebut juga mengatur perilaku individu (Barbas, 2009 & Barbas, 2016).

#### *Dinamika Cool dan Hot Executive Function pada Performansi Akademik*

Efek emosi dapat muncul sepanjang proses pembelajaran di kelas. Khususnya, reaksi emosi yang ekstrim (misalnya, marah dan cemas) sering mengganggu perhatian siswa dan kemampuannya untuk tetap fokus saat belajar dan mengingat sesuatu yang baru. Namun, reaksi emosi yang moderat berpengaruh positif pada siswa dalam perhatian dan proses *executive function*, antara lain: *working memory*, *cognitive flexibility* dan *inhibition* (Meltzer, 2014). Konsep *hot* dan *cold executive function* (EF) adalah saling independen, di mana *cold* EF mengacu pada mekanisme proses kognitif tingkat tinggi, misalnya *working memory*. Sedangkan *hot* EF memerlukan kemampuan kognitif yang didukung oleh kesadaran emosional dan persepsi sosial, misalnya kognisi sosial (Zimmerman, Ownsworth, Donovan, Robert, & Gulo, 2016).



Gambar 2. Permukaan Lateral PFC (kiri) dan Permukaan Medial (kanan). ACC, Anterior Cingulate Cortex; DL-PFC, Dorsolateral Prefrontal Cortex; OFC, Orbitofrontal Cortex; RLPFC, Rostrolateral Prefrontal Cortex; VL-PFC, Ventrolateral Prefrontal Cortex. (Diambil dari *Handbook of Life-Span Development; Cognition, Biology, and Methods*).

Luca dan Leventer (2008) menguraikan bahwa keterampilan *hot executive function* (EF) seperti keputusan afektif, merupakan kemampuan yang dikontrol oleh korteks orbitofrontalis (*orbitofrontal cortex*), yang mana telah dilakukan studi pada anak pra sekolah dengan menggunakan *Iowa Gambling Task* (IGT). IGT mengukur pengambilan keputusan terkait dengan *hot EF* (Hobson, Scott, & Rubia, 2011). Chan, *et al.* (2008) menyebut berdasarkan hasil revidi instrumen bahwa IGT sensitif pada individu yang mengalami kerusakan pada *prefrontal cortex*, khususnya di *ventromedial*.

Kedua perspektif mengenai *cool* dan *hot executive function* tersebut masing-masing menjelaskan secara berbeda berdasarkan hasil penelitian. Di satu sisi, *hot executive function* dalam hal ini adalah emosi dijelaskan sangat berperan terhadap dinamika proses pembelajaran di sekolah. Emosi negatif dan positif siswa turut memberikan kontribusi pada aktivitas kognitif, misalnya mengingat informasi dalam proses pembelajaran tersebut. Di sisi lain, *hot executive function* dalam hal ini pengambilan keputusan dan proses emosi lainnya, adalah dipengaruhi oleh fungsi kognitif, misalnya *working memory* (Bechara, Damasio, & Damasio, 2000).

Jacobson, Williford, dan Pianton (2011) mendeskripsikan bahwa perkembangan *executive function* (EF) selama masa prasekolah dan saat berada di bangku sekolah dasar memengaruhi performansi akademik dan penyesuaian sekolah siswa di kelas VI. Disisi lain, pada masa pra sekolah lebih diutamakan pada regulasi emosi dan proses-proses yang terlibat dalam *hot EF* (Garon, 2017) serta melatih *hot executive function* (Willoughby, Kursmidt, Voegler-Lee, & Bryant, 2011). Kenyataanya, bahwa di dalam kurikulum pendidikan anak usia dini wajib meliputi dua area perkembangan,

yakni (1) kompetensi kognitif, misalnya berpikir, regulasi diri dan perencanaan; (2) kompetensi emosional, memfokuskan pada regulasi rasa aman dan emosi (Hyson, Copple, & Jones, 2006). Terkait dengan kompetensi emosional adalah memainkan peran penting pada penyesuaian sekolah (Magdalena, 2012). Sedangkan, kompetensi kognitif pada prestasi akademik (Morales, 2015). Keduanya, baik prestasi akademik maupun penyesuaian sekolah, merupakan representasi dinamika *hot* dan *cool EF* (Mann, Hund, Hesson, & Roman, 2016). Pada masa remaja *cold executive function* (EF) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya usia, dan memprediksi prestasi akademik. Sedangkan, *hot EF* menunjukkan perkembangan *bell-shaped* (seperti lonceng), yakni mengalami peningkatan di awal usia dan mengalami penurunan seiring bertambahnya usia, serta memainkan peran penting terkait dengan permasalahan emosional (Poon, 2018).

Dinamika perbedaan tugas masing-masing *cool* dan *hot executive function* memberikan informasi bagi dunia pendidikan bahwa otak mengelola prestasi akademik juga emosi dan perilaku sosial peserta didik. Keberhasilan penyesuaian di sekolah, bukan hanya diletakkan pada kemampuan kognitif semata, melainkan bagaimana siswa mengelola emosi dan perilakunya. Huffman, Mehlinger, dan Keriyan (2000) mengidentifikasi tiga komponen utama yang terlibat dalam kesuksesan di sekolah, terlebih bagi tahun-tahun pertama anak memasuki sekolah, antara lain: (a) kompetensi akademik; (b) kompetensi perilaku; dan (c) kompetensi sosial. Ketiga kompetensi tersebut masing-masing mencerminkan peran dari *cool* dan *hot executive function* sebagaimana seperti yang telah diuraikan di atas.



Otak manusia sangat kompleks secara anatomi dan fungsinya, dibandingkan dengan makhluk lainnya. Aktivitas yang dilakukan oleh manusia merupakan representasi kinerja dan fungsi dari otak, salah satunya, aktivitas akademik yakni belajar. Kemampuan kognitif dan keterampilan mengelola emosi adalah dua hal yang berperan dalam kesuksesan akademik siswa di sekolah (Finn *et al.*, 2014; Pratama & Corebima, 2017). *Executive function* (EF) merupakan kinerja dari *prefrontal cortex* (PFC) yang mana *hot executive function* pada *ventromedial* PFC yang terkait dengan domain emosi; dan *lateral PFC* merupakan *cold* EF yang terkait dengan kognitif. Sejalan dengan hal tersebut, konsep yang diusulkan oleh Ardila (2018) mengenai dua hal yang mendasar pada EF, yakni metakognitif atau intelektual *executive function* (EF) dan emosional/motivasiional EF. Metakognitif EF terdiri dari pemecahan masalah, berpikir abstrak, perencanaan, antisipasi konsekuensi dari perilaku, mengembangkan strategi dan implementasi dan *working memory*. Sedangkan, emosional/motivasiional EF adalah bertanggung jawab untuk mengkoordinasikan kognisi dan emosi. Atau kemampuan membuat strategi agar dapat diterima secara sosial. Konsep yang dikembangkan oleh Ardila tersebut memiliki makna yang serupa dengan konsep *cool* dan *hot* yang dikembangkan oleh para tokoh sebelumnya.

Karakteristik perkembangan otak yang terdapat pada tiap usia, menghasilkan fungsi yang lebih matang. Artinya, semakin bertambah usia maka struktur otak semakin matang dan oleh karena itu merefleksikan fungsinya yang semakin matang pula, di sisi lain memunculkan keterampilan baru sebagai fungsi dari perkembangan otak. Karakteristik tersebut, terefleksikan dalam perilaku sosial (Arain *et. al.*, 2013) maupun performansi akademik (Navarro, García-Rubio, & Olivares, 2015). Namun, dinamika

perkembangan otak yang semakin matang seiring bertambahnya usia tidak dipahami bahwa usia tua menandakan otak yang sangat matang. Melainkan, pada pertambahan usia tertentu dan selanjutnya akan mengalami perubahan kemunduran baik secara fisik (volume dan struktur) maupun fungsi otak manusia (Farell, 2012). Adapun tugas-tugas kognitif yang mengalami penurunan terkait dengan usia, antara lain kecepatan memproses informasi, *working memory* dan *executive function* (Murman, 2015).

Perbedaan kemampuan dalam performansi akademik antar tahap perkembangan yang berbeda, misalnya juga ditemukan pada siswa kelas rendah dan kelas tinggi di sekolah dasar. Pada siswa kelas rendah ditemukan banyak memberikan jawaban yang salah pada soal pemecahan masalah kata matematika (*mathematical word problem solving*) (Lubin, Houde, & Neys, 2015). Lubin, *et al.* lebih lanjut mengusulkan program latihan kontrol inhibisi bagi siswa untuk mendukung kematangan *anterior cingulate cortex* (ACC). ACC terdapat pada *prefrontal cortex* (PFC) yang menghubungkan antara sistem limbik dan PFC (Stevens, Hurley & Taber, 2011). *Anterior cingulate cortex* (ACC) yang belum cukup matang, menyebabkan pengaruh kuat sistem limbik dalam pemberian keputusan pada anak. Semakin bertambah usia, proses belajar dan pengalaman menstimulasi berpikir kognitif sehingga ACC menjadi lebih matang dibanding usia sebelumnya. *Cingulate cortex* yang dimulai dari bagian anterior, menuju *mid* sampai dengan bagian posterior terkait dengan *hot executive function* (EF), yakni regulasi diri, pembuatan keputusan dan persepsi emosi (Moreno-López, *et al.*, 2012).

Berlandaskan perspektif neuropsikologi, yakni bagian otak yang menghubungkan antara *prefrontal cortex* (PFC) dan sistem

limbik yang disebut *anterior cingulate cortex* (ACC), menjadi sebuah alasan mengapa karakteristik kurikulum di tiap jenjang pendidikan berbeda. Bahkan, untuk sekolah dasar pada pelajaran matematika yang mana antara kelas rendah (kelas 1, 2 dan 3) berbeda taraf kesulitan dengan kelas tinggi. Karakteristik pembelajaran dan pengajaran berbasis pemecahan masalah (*problem solving*) dimulai dari kelas rendah sampai dengan kelas tinggi adalah menyesuaikan dengan karakteristik perkembangan fungsi otak, yakni emosi. Anak sejak usia dini perlu dilatih mengelola emosi, sehingga ini memberikan stimulus pada pencapaian kematangan ACC, yang berperan penting dalam mengintegrasikan sirkuit saraf regulasi afeksi (Stevens, Robin, Hurlex, & Katherine, 2011). ACC bersama dengan *orbitofrontal cortex* (OFC) keduanya merupakan perwujudan kinerja *hot executive function* (EF), sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya. Sementara, fungsi kognitif terkait dengan *cool* EF, yakni meliputi lateralisasi, antara lain : *dorsolateral* (DL-PFC), *ventrolateral* (VL-PFC), *rostromedial* (RL-PFC).

### Penutup

*Cool* dan *hot executive function* berperan luas pada domain akademik di sekolah, baik pada siswa jenjang pendidikan dasar maupun jenjang sekolah menengah. Bahkan, juga menunjang kesuksesan akademik mahasiswa di perguruan tinggi. Bahkan, dalam kehidupan manusia secara luas sepanjang peran kognitif dan emosi terlibat dalam aktivitas manusia.

Dinamika perkembangan *cool* dan *hot executive function* saling memengaruhi satu dan lainnya terhadap performansi akademik siswa. *Executive function* secara keseluruhan (baik *cool* dan *hot*) mendukung performansi akademik siswa di sekolah.

Diperlukan pengetahuan guru mengenai karakteristik kinerja otak pada siswa jenjang pendidikan dasar yang terkait dengan fungsi otak yang terlibat pada proses belajar dan mengajar di kelas. Dengan demikian, dapat merancang strategi pengajaran yang mendukung perkembangan dan kematangan baik *cool* dan *hot executive function* tersebut.

### Daftar Pustaka

- Anderson, P. J. (2008). Toward a developmental. Dalam V. Anderson., R. Jacobs, & P. J. Anderson (Eds), *Executive function and frontal lobes. A life span perspective* (pp.3-22). London: Taylor & Francis.
- Arain, M., Haque, M., Johal, L., Mathur, P., Nel, W., Rais, A., Sandhu, R., ... Sharma, S. (2013). Maturation of the adolescent brain. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 9, 449-61. doi: 10.2147/NDT.S39776
- Ardila, A. (2018). Is intelligence equivalent to executive function?. *Psicothema*, 30(2), 159-164. doi: 10.7334/Psicothema2017.329
- Bangirana, P., Menk, J., John, C. C., Boivin, M. J., & Hodges, J. S. (2013) The association between cognition and academic performance in Ugandan children surviving malaria with neurological involvement. *PLoS ONE*, 8(2), e55653. doi: 10.1371/journal.pone.0055653
- Barbas, H. (2016). Executive function: The prefrontal cortex: Structure and anatomy. *Reference Module in Biomedical Sciences*. doi: 10.1016/B978-0-12-801238-3.04731-0
- Barbas, H. (2009). Prefrontal cortex: Structure and anatomy. *Encyclopedia of*

- Neuroscience*, 909-908. doi: 10.1016/B978-008045046-9-00427-7
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10(3), 295-307. doi: 10.1093/cercor/10.3.295
- Blair, C. (2016a). Executive function and early childhood education. *Behavioral Science*, 10, 102-107. doi: 10.1016/j.cobeha.2016.05.009
- Blair, C. (2016b). Developmental science and executive function. *Psychological Science*, 25(1), 3-7. doi: 10.1177/0963721415622634
- Bonelli, R. M., & Cummings, J. L. (2007). Frontal-subcortical circuitry and behavior. *Dialogues in clinical neuroscience*, 9(2), 141-51.
- Brock, L. L., Rimm-Kaufman, S. E., Nathanson, L., & Grimm, K. J. (2009). The contributions of 'hot' and 'cool' executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(3), 337-349. doi: 10.1016/j.ecresq.2009.06.001
- Chan, R. C. K., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of clinical neuropsychology*, 23(2), 201-216.
- Comte, M., Schön, D., Coull, J. T., Reynaud, E., Khalfa, S., ..... Fakra, E. (2016). Dissociating bottom-up and top-down mechanisms in the cortico-limbic system during emotion processing. *Cerebral Cortex*, 26(1), 144-155. doi: 10.1093/cercor/bhu185
- Diamond, A. (2014). Want to optimize executive functions and academic outcomes? Simple, just nourish the human spirit. *Minn Symp Child Psychol*, 37, 205-232. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4210770>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annu Rev Psychol*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurex-psych-11301-143750
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(5), 335-341. doi: 10.1177/0963721412453722
- Farrell, M. J. (2012). Age-related changes in the structure and function of brain regions involved in pain processing. *Pain Medicine*, 13(2) S37-S43, doi: 10.1111/j.1526-4637.2011.01287.x
- Finn, A. S., Kraft, M. A., West, M. R., Leonard, J. A., Bish, C. E., Martin, E. E.,...Gabrieli, J. D. E. (2014). Cognitive skills, students achievement test, and schools. *Psychological Science*, 25(3), 736-744. doi: 10.1177/0956797613516008
- Garon, N. (2016). A review of hot executive function in preschoolers. *Journal of Self-Regulation and Regulation*, 2. doi: 10.11588/josar.2016.2.34354
- Gutnik, L. A., Haleim, A. F., Yoskowitz, N. A., & Patel, V. L. (2006). The role of emotion in decision-making: A cognitive neuro-economic approach towards understanding sexual risk behavior. *Journal of Biomedical Informatics*, 39(6), 720-736. doi: 10.1016/j.jbi.2006.03.002
- Happaney, K., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: Current themes and future directions. *Brain and Cognition*, 55, 1-10.
- Hobson, C. W., Scott, S., & Rubia, K. (2011). Investigation of cool and hot executive function in ODD/CD independently of ADHD. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52(10): 1034-1043. doi: 10.1111/j.1469-7610.2011.12454.x

- Huffman, L. C., Mehlinger, S. L., & Kerivan, A. S. (2000). Risk factors for academic and behavioral problems at the beginning of school. <http://www.secure.ce4allience.com/articles/9580/riskfactoracademic>
- Hur, J., Jordan, A. D., Dolcos, F., & Berenbaum, H. (2017). Emotional influences on perception and working memory, *Cognition and Emotion*, 31(6), 1294-1302, doi: 10.1080/02699931.2016.1213703
- Hyson, M., Copple, C., & Jones, J. (2006). Early childhood development and education. In K. A. Renninger & I. Sigel (Eds.), *Handbook of child psychology: Volume 4. Child psychology in practice* (pp. 3-47). New York: Wiley.
- Jacobson, L. A., Williford, A. P., & Pianton, R. C. (2011). The role of executive function in children's component adjustment to middle school. *Child Neuropsychology*, 17(3), 255-280. doi: 10.1080/09297049.2010.535654
- Jung, N., Wranke, C., Hamburger, K., & Knauff, M. (2014). How emotions affect logical reasoning: Evidence from experiment with mood-manipulated participants, spider phobic and people with exam anxiety. *Experimental Psychology and Cognitive Science*, 5, 570. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00570
- Kalanthroff, E., Cohen, N., & Henik, A. (2013). Stop feeling: Inhibition of emotional interference following stop-signal trials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(78), doi: 10.3389/fnhum.2013.00078.
- Lubin, A., Houdé, O., & Neys, W. D. (2015). Evidence for children's error sensitivity during arithmetic word problem solving. *Learning and Intervention*, 40, 1-8
- Luca, C. R. D., & Leventer, R. J. (2008). Developmental trajectories of executive functions across the lifespan. Dalam V. Anderson., R. Jacobs., P. J. Anderson (Eds), *Executive function in frontal lobe. A lifespan perspective* (pp.23-56). New York: Taylor.
- Lv, B., Zhou H., Guo X., Liu C, Liu Z, & Luo, L. (2016) The relationship between academic achievement and the emotional well-being of elementary school children in China: The moderating role of parent-school communication. *Front. Psychol.*, 7, 948. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00948
- Magdalena, S. M. (2012). Social and emotional competence – predictors of school adjustment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 76, 29-33, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.04.068
- Mann, T. D., Hund, A. M., Hesson-McInnis, M. S., & Roman, Z. J. (2016). Pathways to school readiness : Executive functioning predicts academic and social-emotional aspects of school readiness. *Mind, Brain, & Education*, 11(1), 21-31.
- Mann, D. P., Roberta, S., James, B., Andrea, L. J., Kuhn, A. J., Devereaux, B. N., .... Middaugh, E. L. (2015). Executive functioning: Relationship with high school student role performance. *The Open Journal of Occupational Therapy*, 3(4), 2. doi: 10.15453/2-168-6408.1153
- Marc, D. L., Rebecca, M. T., & Michael, J. M. L. (2007). Event-related potential measures of emotion resolution in early childhood. *Neuroreport*, 18, 61-65, doi: 10.1097/WNR.0b013e328010a216
- Meltzer, L. (2014). Teaching executive functioning processes: Promoting metacognition, strategy use, and effort. Dalam S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds). *Handbook of Executive Functioning* (445-474). New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-8106-5

- Meuwissen, A. S., & Zelazo, P. D. (2014, November). Hot and cool executive function: Foundation for learning and healthy development. *Zero to Three*, 18-23.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive function and their contributions to complex "frontal lobe" task: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734
- Morales, L. P. (2015). Relationship between cognitive processes and academic performance in high school students. *Psychologia: Avances de la Disciplina*, 9(2), 85-100.
- Moreno-López, L., Stamatakis, E. A., fernández-Serrano, M. J., Gómez-Rio, M., Rodríguez-Fernández, A.,.....& Verdejo-Garcia, A. (2012). Neural correlates of hot and cold executive functions in polysubstance addiction: Association between neuropsychological performance and testing brain metabolism as measured by positron emission tomography. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 203(2-3), 214-221. doi: 10.1016/j.psychresns.2012.01.006
- Murman, D. L. (2015). The impact of age on cognition. *Seminars in Hearing*, 36(3), 111-21. doi: 10.1055/s-0035-1555115
- Navarro, J. J., García-Rubio, J., & Olivares, P. R. (2015). The relative age effect and its influence on academic performance. *PloS one*, 10(10), e0141895. doi: 10.1371/journal.pone.0141895
- Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., & Osaka, N. (2013). When do negative and positive emotions modulate working memory performance?. *Scientific reports*, 3, 1375. doi: 10.1038/srep01375
- Park, A. T., Leonard, J. A., Saxler, P. K., Cyr, A. B., Gabrieli, J. D. E., & Mackey, A. P. (2018). Amygdala – medial prefrontal cortex connectivity relates to stress and mental health in early childhood. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 13(4), 430-439. doi: 10.1093/scan/nsy017
- Peterson, E., & Welsh, M. C. (2014). The development of hot and cool executive function in childhood and adolescence: Are we getting warmer?. Dalam S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds). *Handbook of Executive Functioning*, (pp. 45-65). New York: Springer.
- Phelps, E. A. (2006). Emotion and cognition: Insight from studies of the human amygdala. *Annu Rev Psychol*, 57, 27-53. doi: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070234
- Poon, K. (2018). Hot and cool executive functions in adolescence: Development and contributions to important developmental outcomes. *Frontiers in psychology*, 8, 2311. doi: 10.3389/fpsyg.2017.02311
- Pratama, A. T., & Corebima, A. D. (2017). Contributions emotional intelligence on cognitive learning result of biology of senior high school students in Medan, Indonesia. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(15), 8077-8087.
- Ritchey, M., Dolcos, F., & Cabeza, R. (2008). Role of amygdala connectivity in the persistence of emotional memories over time: An event-related fMRI investigation. *Cerebral Cortex*, 18(11), 2494-2504. doi: 10.1093/cercor/bhm262
- Rotgans, J. I., & Schmidt, H. G. (2011). Cognitive engagement in the problem-based learning classroom. *Advances in Health Sciences Education: Theory and Practice*, 16(4), 465-79.

- Stevens, F. L., Hurley, R. A., & Katherine, K. H. (2011). Anterior cingulate cortex: Unique role in cognition and emotion. *J. Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 23(2), 120-125.
- Tsermentseli, S., & Poland, S. (2016). Cool versus hot executive function: A new approach to executive function. *Encephalos*, 53, 11-14. <http://www.encephalos.gr/pdf/53-1-02e>
- Valiente; Swanson, J., & Eisenberg, N. (2012). Linking students' emotions and academic achievement: When and why emotions matter. *Child Dev Perspect*, 6(2), 129-135. doi: 10.1111/J.1750.8606.2011.00192-x
- Visu-Petra, L., Cheie, L., Benga, O., & Miclea, M. (2011). Cognitive control goes to school: The impact of executive functions on academic performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 11, 240-244. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.01.069
- Wang, Y., Chen, J., & Yue, Z. (2017). Positive Emotion Facilitates Cognitive Flexibility: An fMRI Study. *Frontiers in psychology*, 8, 1832. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01832
- Will, E., Fidler, D. J., Daunhaver, L., & Gerlac-McDonald, B. (2017). Executive function and academic achievement in primary-grade students with Down syndrome, 61(2), 181-195, doi: 10.1111/jir.12313
- Willoughby, M., Kupersmidt, J., Voegler-Lee, M., & Bryant, D. (2011). Contributions of hot and cool self-regulation to preschool disruptive behavior and academic achievement. *Developmental Neuropsychology*, 36(2), 162-180. doi: 10.1080/87565641.2010.549980
- Yazdi, S. A. A., Farahi, S. M.M., Farahi, S. M. M., & Hosseini, J. (2018). Emotional intelligence and its role in cognitive flexibility of children with and without attention deficit hyperactivity disorder. *Anales de Psicologia*, 34(2), 299-304
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspective*, 6(4), 354-360
- Zelazo, P. D., & Lee, W. S. C. (2010). Brain development. An overview. Dalam W. F. Overton (Ed). *Cognition, biology, and methods across the lifespan. Handbook of Life-span development* (pp.89-114). Hoboken, NJ: Willey.
- Zelazo, P. D., Carlson, S. M., & Kesek, A. (2008). The developmental of executive function in childhood. Dalam C. A. Nelson., & M. Luciana (Eds). *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (pp.553-574). London: The MIT Press.
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive functions in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp.445-469). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Zelazo P. D, & Müller, U. (2011). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed). *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development. 2nd ed.* Oxford: Wiley-Blackwell
- Zimmerman, D. L., Ownsworth, T., O'Donovan, A., Roberts, J., & Gullo, M. J. (2016). Independence of hot and cold executive function deficits in high-functioning adults with autism spectrum disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 24. doi: 10.3389/fnhum.2016.00024