

Perkembangan fungsi otak dari
kandungan hingga anak usia dini

Fungsi Otak

Bagi pembelajar pendamping anak
yang mau mengenal perspektif
neurosains untuk menemukan profil
anak

Anne Gracia

Praktisi Neurosains Terapan

Fungsi Otak

Anne Gracia

Penerbit KBM Indonesia

PENERBIT KBM INDONESIA

adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air Indonesia, serta menjadi media *sharing* proses penerbitan buku.

Fungsi Otak

Copyright @2023 By Anne Gracia
All rights reserved

ISBN : 978-623-499-275-5

14 cm x 21 cm, x + 93 halaman

Cetakan ke-1, Maret 2023

Cetakan ke-2, April 2023

Cetakan ke-3, Juli 2024

Penulis

Anne Gracia

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Tim KBM Indonesia Group

Editor Naskah

Zainul Arifin, M.Pd

Diterbitkan Oleh:

PENERBIT KARYA BAKTI MAKMUR (KBM) INDONESIA

Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia)

NO. IKAPI 279/JTI/2021

Banguntapan, Bantul-Jogjakarta (Kantor I)

Balen, Bojonegoro-Jawa Timur, Indonesia (Kantor II)

081357517526 (Tlpn/WA)

Website

<https://penerbitkbm.com>

www.penerbitbukumurah.com

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Instagram

@penerbit.kbmindonesia

@penerbitbukujogja

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit
Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
Memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
Tanpa izin dari penerbit



Fungsi Otak

Anne Gracia
Vigor Action

Inklusif yang berarti melibatkan penuh tanpa batas dengan menerima perbedaan, memerlukan peta profil yang disepakati untuk menemukan kunci puzzle. Profil berkesinambungan dalam perjalanan hidup manusia terdapat pada kerja otak. Secara konsisten perkembangan kerja otak akan terbentuk sebelum usia 21 tahun pada rata-rata manusia dan berfungsi hingga terjadi penurunan. Peta profil fungsi otak mau dipakai dalam pengasuhan dan pendidikan untuk memberi hubungan yang maksimal antara status mental dengan rencana capaian pembelajaran. Buku ini ingin memberikan informasi secara berurutan pada bab pertama dan juga memberi relasi komprehensif fungsi kerja otak dalam setiap fase kehidupan yang terbagi atas fase usia emas, usia puber, usia produktif, dan usia paripurna pada bab kedua. Kedua bab buku ini ditulis untuk memberi sudut pandang berurutan bagi perencanaan program, maupun

untuk menceritakan indahnya ciptaan Tuhan yang sangat sempurna.

Penggunaan buku sebagai panduan menemukan urutan maupun alat bantu melihat keterkaitan dalam bagian buku merupakan pilihan yang dapat ditemukan para pendidik dan pendamping anak, remaja, ataupun guru. Bab pertama memberi informasi berurutan sesuai kemunculan fungsi otak yang terjadi dimasa dalam kandungan hingga masa setelah lahir. Pembagian rinci pada tahapan kemunculan fungsi dan pematangan secara integratif serta asosiatif diberikan dengan bantuan kotak berwarna pada beberapa halaman. Bab kedua menulis kinerja atau keterampilan otak yang muncul secara simultan. Pengamatan kemunculan fungsi tersebut dapat dideteksi melalui perangkat kuesioner pengamatan. Bab ketiga merangkai urutan kebutuhan perkembangan fungsi secara integratif menuju ketangguhan belajar.

Penulisan ini terjadi dari pembelajaran panjang melalui pengalaman sakit dan penggalian topik kerja otak bersama dr.Adre Mayza,Sp.S(K) dari Departemen Neurologi RSCM-FKUI, serta dukungan Prof.Frieda Mangunsong, M.Ed., PhD., serta banyak sahabat dan keluarga yang terus mendorong perjuangan neurosains di dunia pendidikan. Terima kasih kepada Universitas Panca Sakti Bekasi, tim BBGP Jabar (P4TK TKPLB), dan Dirjen Paud Dikmas Kemendikbud RI yang bersama memberi kesempatan pengembangan perspektif neurosains di Indonesia. Teman-teman kelompok belajar yang tak henti mendorong penulisan buku ini. Sahabat setia yang selalu mendukung dalam perjuangan mencapai impian bagi anak-anak Indonesia.





VIGOR

Daftar Isi

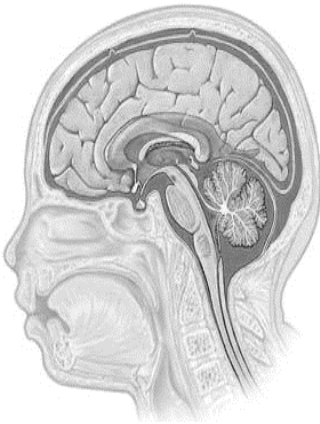
DAFTAR ISI.....	iii
PENGANTAR.....	v
BAB I KEMATANGAN FUNGSI OTAK PADA	
PERKEMBANGAN USIA	1
Masa Sebelum Lahir	1
Masa Setelah Lahir	5
Vigornotes	10
BAB II KEMATANGAN FUNGSI OTAK BERDASAR	
AREA OTAK	17
Sensori	19
Visual	21
Auditori	23
Pencecap (Gustatory)	25
Penghidu (Olfactory).....	25
Taktil.....	26
Integrasi Sistem.....	28
Sensori Motor.....	32

Regulasi Emosi	44
Memori	46
Atensi	54
Kognitif	58
Vigornotes	62
BAB III PERKEMBANGAN KESIAPAN BELAJAR	67
Perkembangan Bicara.....	67
Perkembangan Menulis	77
Perkembangan Hitung.....	78
Perbedaan Perkembangan Fungsi Otak & Perbedaan Pada Area Otak	80
PENUTUP	83
DAFTAR PUSTAKA	85
PROFIL PENULIS	93



VIGOR

Pengantar



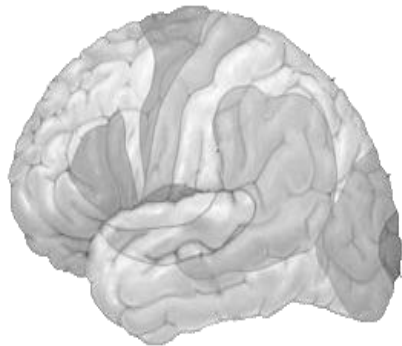
Otak adalah bagian tubuh manusia yang lebih banyak dikenal pada komposisi besarnya yaitu belahan otak kiri dan otak kanan. Sudah dikenal juga komposisi otak besar, otak kecil, dan batang otak. Makroskopis atau yang bisa dilihat secara langsung terdiri dari lobus otak dan hemisfer

sedangkan mikroskopis adalah sel-sel otak. Jembatan antara otak kiri dan otak kanan adalah corpus callosum. Pembagian otak di susunan saraf pusat (otak dan medulla spinalis). Otak dibagi menjadi otak bagian depan tengah dan belakang. Di bagian depan ada yang dikenal sebagai serebral korteks, ganglia, hipokampus dan amygdala, thalamus, hipotalamus. Di bagian otak tengah ada mesensefalon. Di bagian belakang otak terdiri dari pons, cerebellum dan medulla oblongata.

Mengenal bagian dan komponen otak belum akan memberikan bantuan pada upaya pengasuhan dan pendidikan anak menuju kesiapan atau kemandirian bahkan ketangguhan belajar. Diperlukan pengenalan pada fungsi otak yang oleh peneliti neuroanatomi Brodmann dipetakan menjadi lebih dari 70 area fungsi otak. Ada fungsi dasar penerima informasi sensori yang berkembang dengan jalinan sinaptik menjadi sirkuit ke fungsi yang lebih kompleks di tingkat keterampilan kerja otak berikutnya yang mulai melibatkan proses memori sehingga terjadi aktivitas kognitif yang rendah (Low Order Thinking Skill).

PERKEMBANGAN OTAK ANAK DIMULAI DARI SEBELUM LAHIR

Pada usia 0-3 bulan, yang pertama kali berkembang adalah *parieto-temporal* dan *korteks visual primer*, atau bagian samping kanan kiri di area dahi ke arah belakang kepala. Memasuki usia 5 bulan, lapisan ke-4 dari korteks visual (area 17) berkembang membangun kemampuan *stereopsis binocular*. Kemampuan yang nantinya membuat penglihatan yang utuh pada objek yang dilihat dengan kerja kedua bola mata. Selanjutnya, pada usia 6-8 bulan, *korteks frontal lateral dan inferior* berkembang. Ini berarti daerah otak depan sedikit samping kanan kiri dan ke depan bawah. Usia 18-36 bulan, area broca (nomor 44) akan memiliki lebih banyak



dendrit basal. Area ini khas untuk fungsi bahasa yang berarti di fase ini mulai lebih banyak terbentuk kaki saraf untuk siap terhubung dengan area fungsi otak lainnya pada lapisan dalam otak. Akhir tahun pertama: *lobus frontal medial dan medial* berkembang dan di usia 2-5 tahun: *temporo hemisfer kiri-saluran frontal* berkembang.

Anatomi otak secara mikroskopis terbagi menjadi dua sistem saraf yang terdiri dari sel neuron dan sel glia. Keduanya berfungsi untuk menerima dan mengirimkan informasi elektrokimia. Sel saraf (neuron) terdiri atas akson, dendrit, dan selubung mielin. Dendrit berfungsi untuk menerima sinyal dari sel-sel saraf lain. Akson bekerja dengan cara mengirim sinyal dari sel ke organ. Terminal akson akan berhubungan dengan sel-sel otak lain hingga timbul sinaps (komunikasi antar sel). Sel glia, yang memiliki banyak macam, merupakan sel penunjang untuk menopang fungsi sel neuron. (Shonkoff et al., 2000)

Pembentukan otak terbagi atas proses makro, yakni penutupan tuba neural dan pembentukan struktur otak dari sederhana ke kompleks, serta proses mikro, yakni berupa organisasi sel seperti proliferasi, migrasi, mielinisasi, dan sinaptogenesis. Proliferasi sel adalah proses produksi sel saraf, yang akan selesai pada akhir trimester kedua. Migrasi sel merupakan pergerakan sel pada bulan keempat dan kesembilan, yang berasal dari sel progenitor pada dinding tuba neural menuju lokasi akhirnya. Mielinisasi adalah proses sel saraf yang terpisah dari sel lainnya dengan adanya perkembangan lapisan lemak sekitar mielin sehingga transmisi impuls saraf meningkat di sepanjang saraf. Sinaptogenesis adalah proses komunikasi sel saraf satu dengan yang lain atau dengan organ akhir, misalnya otot, yang

memungkinkan transmisi impuls saraf ke otak. Proses ini terus berlanjut sampai setelah lahir. (Barker A. & Cicchetti, 2012; Tau & Peterson, 2009)

Dalam salah satu kesempatan pembahasan anatomi otak, dr. Hendry Gunawan, Sp.S. menyebutkan bahwa **otak merupakan organ pengintegrasi** yang paling hebat karena berbagai domainnya yang berkolaborasi. Otak harus distimulasi agar dapat berkembang maksimal. Faktor biologis, psikologis, dan lingkungan berperan penting untuk perkembangan otak anak. POA* merupakan investasi masa depan, yang mana lingkungan juga berperan dalam menstimulasi. Nutrisi yang optimal diperlukan untuk melengkapi perkembangan otak anak. Fase perkembangan memiliki masa penting dan spesial untuk tahap perkembangan kognitif, emosi dan pertumbuhan fisik. Setiap fase berperan penting untuk investasi masa depan anak. Jika terjadi gangguan proses perkembangan, maka proses pembentukan fungsi otak secara umum akan terganggu. Perkembangan fungsi otak dimulai sejak konsepsi. *Sensory pathways* berkembang pesat mencapai puncaknya saat anak berusia 3 bulan. Kemampuan berbahasa berkembang pada usia 8 bulan, yang kemudian berlanjut kepada fungsi kognitif yang lebih tinggi (*High Order Thinking Skill*), proses berpikir, pengambilan keputusan, akan dikenal fungsi eksekutif pada peran prefrontal cortex yang sangat penting. Dengan memahami perkembangan fungsi otak, stimulasi domain apa pun dapat diungkit guna memperoleh hubungan fungsi otak maksimal. Domain fungsi tidak bisa hanya mengandalkan kinerja satu area otak saja.

Keterampilan adalah sebuah prosedur yang menjadi **kumpulan langkah-langkah** dan **bisa dilakukan berulang dengan tata cara yang sama**. Keterampilan pikir adalah sekumpulan langkah-langkah kerja yang sama berulang dan dilakukan oleh otak. Pelakunya bukan seorang 'individu,' pelakunya adalah 'otak individu' - dr.Hendry Gunawan, Sp.S

Dalam sinaptogenesis, ada fungsi secara *fisiologi* (*berlangsung alamiah dan terjadi pada semua orang*) dan *patologis* (*kondisi abnormal yang terjadi akibat suatu kondisi pada orang tertentu*). *Pruning* adalah proses eliminasi sinaps yang terjadi pada otak yang sedang berkembang, secara fungsional, sel-sel otak berkembang dan saling berhubungan, ada proses dimana eliminasi untuk sinaps agar fungsi otak bisa berkembang secara maksimal dan optimal. Terjadinya eliminasi sinaps karena kondisi kurang gizi atau sakit akan disebut sebagai eliminasi patologis. Proses *pruning* patologis bisa terjadi akibat beberapa keadaan, termasuk perubahan cairan antar sel dan gangguan metabolik sel akibat perubahan emosi yang mendadak dan atau berkepanjangan, kondisi ini sering dikenal sebagai trauma. Pada neurosains populer ada topik pembahasan tentang bentakan yang membuat proses *pruning* terjadi pada anak, ini termasuk yang disebut patologis dan terjadi karena kondisi berulang atau satu kali pada situasi khusus.(Tau & Peterson, 2009).

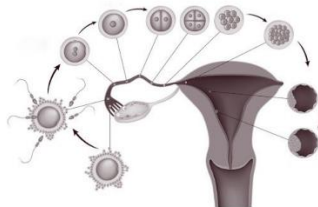


BAB I

KEMATANGAN FUNGSI OTAK PADA PERKEMBANGAN USIA

MASA SEBELUM LAHIR

Janin dalam kandungan mengalami proses pembentukan dari satu sel yang bertumbuh, memperbanyak diri dengan pembelahan yang disebut multiplikasi. Tahap terbentuknya lempengan yang kemudian melipat memengaruhi keseimbangan bentuk bagian kepala, tubuh, dan tungkai. (Lagercrantz, 2016; Shonkoff et al., 2000; Tau & Peterson, 2009)



Pada masa perbanyakkan sel ini terjadi juga fase pembeda jenis sel dan pengelompokkan sel jenis yang sama untuk membentuk organ. Gangguan di fase ini akan menampilkan dampak yang mendasar dan meluas di tingkat sel. Gumpalan pembelahan sel yang kemudian membentuk lempeng akan mulai menjalani proses pembentukan spesifik dengan membuat lipatan

melengkung yang menyatu, fase ini berperan penting pada setiap bagian tubuh yang simetris.

Pembentukan organ dalam dan tubuh luar terjadi secara simultan, pada organ dalam pada minggu ketiga sudah terbentuk bakal otak, organ dalam yang terbentuk sempurna pertama kali adalah jantung. Pada usia janin minggu ke 36 sudah dapat dikenali jari jemari dan wajah. Satu sel yang membelah secara konsisten berlipat membentuk gumpalan sel yang mengakibatkan perubahan jenis sel. Proses lempeng yang melipat membentuk embrio pun dimulai. Pada awal embrio, lengkungan terbentuk dari tulang ekor pada ruas tulang belakang ke arah batang otak dan bakal otak.

Bagian otak juga mengalami pembentukan setelah penyatuan lipatan lempeng dengan arah pembentukan dari bakal area batang otak ke arah otak besar. Otak terbentuk dengan lengkungan awal yang kemudian menjadi lipatan. Ujung kecilnya berkembang



menjadi otak besar yang melingkupi atau merangkul semua bagian tengah otak untuk membentuk organ-organ kecil di antara kedua belahan otak besar (hemisfer kanan dan kiri).

Sel yang menyatu dan membentuk otak dalam kandungan juga mulai merespons stimulus. Ini berarti fungsi otak telah bekerja. Perkembangan fungsi otak dimulai dari jaras (*pathway*) sensori auditori dan berkembang pesat lanjut dengan jaras taktil dan visual. (Barker A. & Cicchetti, 2012; Chaieb et al., 2015; S. Kumar et al., 2016; Lagercrantz, 2016; Ward, 2015)



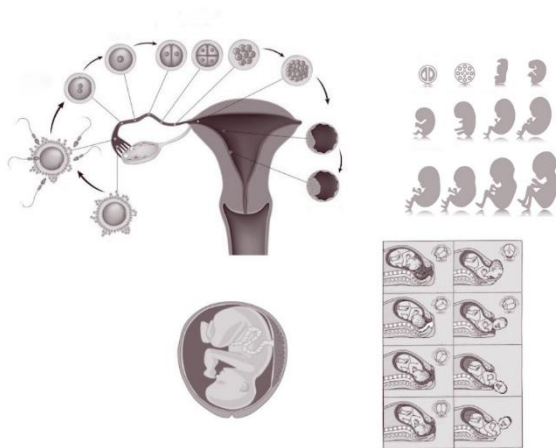
Fungsi auditori telah aktif di dalam kandungan karena sistem pendengaran (auditori) terbentuk pada awal bulan kehamilan, sekitar minggu keempat, bersamaan dengan pembentukan otak. Bulu halus dalam organ pendengaran dan rumah siput terbentuk dan mengantar sinyal ke jaras saraf otak. Penelitian ini dipublikasi Kimitaka Kaga pada tahun 2022. Organ pendengaran luar atau daun telinga baru terbentuk di trimester akhir kehamilan.

Otak berkembang sejak dalam kandungan, yaitu pada tiga bulan pertama atau biasa disebut trimester pertama.

Gangguan yang terjadi dalam tiga bulan pertama kandungan pasti mengakibatkan gangguan perkembangan otak secara fisik. Dalam hal sang ibu mengalami gangguan kesehatan pada trimester kedua, karena otak sudah selesai terbentuk pada trimester pertama, fungsi organ lain janin yang akan mengalami gangguan. Kemungkinan anak akan lahir dengan gangguan jantung, pencernaan, atau regulasi emosi. Pada trimester ketiga, otak janin secara indrawi sudah menangkap stimulus pendengaran dan penglihatan. Janin bisa membedakan cahaya, mendengar suara, detak jantung, dan aliran darah ibu. Peristiwa-peristiwa yang mempengaruhi suasana jantung dan gerak cairan ketuban yang dirasakan ibu akan menjadi memori janin.

Perlu diketahui bahwa jalan lahir yang dimiliki seorang wanita tidak akan persis sesuai ukuran bayi.

Akan tetapi, dengan sifat jalan lahir yang sangat fleksibel dan elastis itu, bayi dapat keluar melalui persalinan normal (*pervaginam*). Hal itu adalah pertama kalinya seluruh tubuh bayi mendapatkan sinyal untuk aktif karena proses yang terjadi selama persalinan. Bayi yang lahir melalui persalinan cesar membutuhkan stimulus tambahan dengan lebih sering dipijat untuk menggantikan ketiadaan gesekan dengan jalan lahir karena anak yang lahir dengan bantuan bukan tidak mungkin akan memiliki gangguan kemampuan pada tubuh untuk merasakan perbedaan. (Anderson et al., 2016; Barker A. & Cicchetti, 2012; Lagercrantz, 2016)



Gerakan bayi dalam kandungan akan memicu rantai reaksi ke otak ibu, memunculkan kontraksi otot rahim, yang kemudian memberi tekanan pada tubuh bayi. Hal ini membuat bayi bergerak lebih aktif mendesak dirinya di jalan lahir. Perjalanan tubuh bayi di jalan lahir yang elastis dan sempit akan memberi pengalaman pijatan ke seluruh tubuh bayi (stimulus taktil) sehingga mengaktifkan sensori luas yang disebut somatosensorik pada rangsangan sentuh dan tekan. Gerakan tubuh bayi

terutama terjadi pada kepala dan bahu yang dikenal dengan gerak refleks yang diperlukan bayi untuk melahirkan dirinya ke dunia, mengawali aktivitas gerak untuk menoleh kanan kiri mencari udara saat bernapas, juga mendongak.

Penting janin mendapat pengalaman (stimulus) audio selain suara detak jantung ibu dan gerakan cairan dalam kandungan. Gerakan janin juga membantu perkembangan otaknya, termasuk gerak saat kelahiran yang membuat bayi melalui jalan lahir yang sempit elastis. Proses lahir spontan memberi pengalaman (stimulus) taktil, sentuhan di kulit, tekanan di otot, gerakan sendi, perubahan temperatur, semua terjadi pada saat kelahiran spontan. {seri gambar}

MASA SETELAH LAHIR

Otak bertumbuh dan berkembang. Terjadi penambahan sel namun lebih utama terjadi hubungan antar sel. Berkembangnya usia akan memunculkan fungsi yang terjadi berurutan untuk mencapai kemampuan di setiap tahapnya.

Usia Emas 0—8 tahun

Pada usia 0—8 tahun terjadi perkembangan kerja otak yang merupakan dasar utama bagi perkembangan keterampilan kerja otak untuk belajar, berpikir, dan mengelola rasa. Tahapan dalam usia ini terjadi dalam pembagian kelompok usia:

1. Usia 0—12 bulan

Perkembangan pada kerja sensor atau indra sebagai gerbang masuk informasi ke otak.

2. Usia 12—24 bulan

Perkembangan fungsi otak sekitar usia ini akan membangun keterampilan kendali gerak yang berubah dari gerak refleks ke arah gerak respons stimulus. Bagian otak di ruang kendali (prefrontal cortex) sudah lebih aktif berperan pada sirkuit gerak. Bagian otak yang terkenal dengan nama homunculus membangun lebih banyak sinaps dan juga mendorong koneksi belahan otak kanan dan kiri di daerah corpus callosum

Keterampilan gerak ini menjadi penting untuk menghubungkan relasi asosiasi antara sirkuit gerak, regulasi emosi, sensori, dan memori.

3. Usia 24—48 bulan

Saatnya perkembangan keterampilan kerja otak untuk mulai membuka jendela kognitif yang menghubungkan memori yang satu dengan lainnya. Perpindahan yang dilakukan dengan kemampuan gerak anak akan memberi kesempatan lebih banyak pengalaman sebagai stimulus untuk menghubungkan realitas informasi dan menerima relasi sebab-akibat langsung seperti perbedaan pada pengalaman taktil saat duduk dan jatuh. Pengalaman akan menjadi memori dengan label emosi jika anak mendengar orang menyebutkan, misalnya sakit atau kaget. Persepsi atau kesadaran pada aksi teori sistem dinamik menjelaskan bayi yang masih merangkak dan dihadapkan dengan landasan yang menurun cenderung akan melakukan terus aksinya walau

dengan akibat terguling. Namun, dengan latihan, bayi bisa memperkirakan untuk melanjutkan turun atau turun dengan cara mundur (Santrock, n.d.).

Pada tahapan jelang kesiapan anak bersosialisasi dengan sebaya akan terjadi proses regulasi emosi yang perlu dilatih dari usia 1—2 tahun. Regulasi emosi ini berawal dari pengalaman menunggu dan menunda keinginan yang harus dialami sejak bayi, misal menginginkan ibunya atau minta ASI di luar jadwal. Hal ini tentunya dilengkapi dengan informasi bahwa bayi tidak demam, sakit, atau terganggu. Latihan regulasi emosi merupakan pembiasaan untuk pembentukan perilaku anak untuk kesiapan interaksi dalam proses bermain dan belajar.

4. Usia 4—6 tahun

Sesuai fase perkembangan dari para ahli, seperti Santrock, pada kelompok usia ini umumnya akan mengacu pada pendekatan perkembangan kognitif Piaget. Dapat diambil kesimpulan bahwa pendekatan kognitif akan lebih optimal jika dilakukan dengan konstruksi, yang mana anak melakukan kegiatan belajar melalui penemuan, refleksi, dan diskusi. Untuk hal ini diperlukan keterampilan fungsi otak dari tahapan perkembangan artikulasi dan intonasi, memori dengan atensi, kendali tenaga, serta arah gerak.

Arnold Gesell 1934 mengemukakan teori bahwa perkembangan keterampilan motorik adalah usaha membuka (*unfolding*) rencana genetik seseorang yang disebut Maturasi

Saat ini dikenal *Dynamic System Theories* dari Thelen dan Smith 2006, yang menyatakan bahwa anak mengembangkan keterampilan motorik karena menerima suatu persepsi, seperti benda dan aksi melakukan gerak untuk mencapai benda tersebut. Artinya, kemampuan motorik adalah representasi dari solusi untuk bayi mencapai proses aktif, bukan pasif. (L. E. Berk, 2006)

Teori Sistem Dinamik (Dynamic System Theory) adalah teori dalam psikologi dan ilmu kognitif yang dikembangkan oleh Esther Thelen dan Linda B. Smith pada tahun 1994. Teori ini menjelaskan bagaimana perilaku manusia berkembang dari interaksi antara individu, lingkungan, dan sistem saraf.

Menurut Thelen dan Smith, perilaku tidak hanya dipengaruhi oleh faktor-faktor internal seperti genetik atau faktor eksternal seperti lingkungan, melainkan juga oleh interaksi antara keduanya. Mereka mengatakan bahwa perkembangan terjadi karena adanya perubahan dalam sistem, yang terjadi secara dinamis dan kompleks. Thelen dan Smith menunjukkan bahwa sistem dinamik memiliki beberapa karakteristik, seperti:

- a. Nonlinearitas: Perubahan kecil dalam sistem dapat menghasilkan perubahan besar dalam perilaku.
- b. Kepekaan terhadap kondisi awal: Perilaku dipengaruhi oleh kondisi awal dan perkembangan sebelumnya.
- c. Ketergantungan pada konteks: Perilaku dipengaruhi oleh lingkungan dan situasi di mana perilaku tersebut terjadi.

Dalam teori ini juga ditekankan pentingnya peran gerakan fisik dalam perkembangan. Mereka menyatakan bahwa gerakan fisik memainkan peran penting dalam pengembangan sistem saraf dan kognisi, dan bahwa pengalaman fisik memengaruhi kemampuan individu untuk memahami dunia. Dalam praktiknya, teori Sistem Dinamik dapat diterapkan pada berbagai bidang, termasuk pengembangan anak, psikologi olahraga, dan pembelajaran bahasa. Teori ini telah membantu menjelaskan bagaimana individu belajar dan mengembangkan keterampilan baru, serta bagaimana lingkungan dapat mempengaruhi perilaku dan kognisi.

5. Usia 6—8 tahun

Anak yang saat masih bayi sering digendong ke mana saja dan tidak berinteraksi dengan dirinya sendiri pada landasan (lantai, tanah, tempat tidur, dsb.) akan memiliki kesulitan menjaga keseimbangan. Apabila melihat anak yang terkesan terlalu aktif, tidak bisa diam pada satu tempat, dan tubuhnya selalu bergoyang, mungkin saja anak tersebut terlalu sering digendong saat masih bayi. Zaman dulu manusia hidup berburu. Anak kecil yang baru lahir berinteraksi dengan alam luas dan sudah mengikuti kegiatan berjalan, berlari, berburu, dan tidak diam di tempat dalam waktu lama. Ketika orang-orang sudah membuat rumah, anak-anak tidak berada di ruang tempat yang besar dan bergerak terlalu jauh karena lebih banyak menghabiskan waktu di dalam rumah. Era berikutnya, orangtua bekerja dan anak di rumah. Karena manusia mulai mengenal pendidikan—tidak lagi bergerak bersama alam—gaya hidupnya harus melalui cara yang berbeda. Pada era teknologi saat ini,

tidak semua sistem pancaindra manusia menerima informasi. Pola asuh berubah banyak. Anak tidak lagi bergerak banyak dan super bersih (higienis). Saat bayi hendak mengubah posisi dari telentang ke tengkurap, bagian tubuh yang pertama digerakkan adalah kaki, namun saat dari posisi tengkurap ke telentang, yang pertama kali gerak lebih dahulu adalah bahu. Manusia harus memiliki kemampuan memutar tubuh atas dan bawah. Anak-anak yang tidak mendapat kesempatan bergerak akan mengalami kesulitan besar untuk berperilaku yang bisa membuat mereka mengendalikan kondisi di sekitarnya dan sulit bergerak tanpa menabrak. Hal ini karena tidak adanya pengalaman bermain dengan dirinya sendiri dan gravitasi pada fase 0—12 bulan. Pola asuh yang berevolusi membuat kita perlu mengetahui hal-hal yang harus kita amati pada anak agar segala bentuk ketidak-normalan bisa langsung diketahui. Hal ini tentu berbeda jika anak memiliki kelainan permanen, seperti buta, tuli, bisu, sumbing, dsb.

VIGNOTES

Bagi masyarakat pendidikan informasi pada bagian pertama buku ini akan memberi bantuan untuk memahami perbedaan profil peserta didik. Bentuk tubuh dan anggota tubuh yang berbeda dari bentuk anatomi umumnya. Misal bibir sumbing, langit-langit celah, kelopak mata, daun telinga, bahkan anggota tubuh gerak hingga jari, demikian juga kemungkinan temuan lambat pada organ dalam seperti jantung, lambung, pankreas, hati, ginjal, usus, dan otak.

Perbedaan perkembangan anak yang terjadi karena proses dalam kandungan akan terjadi permanen dalam hidup, untuk itu perlu berbagai kemampuan yang mengkompensasi perbedaannya untuk bisa menjadi adaptif dengan aktivitas sehari-hari yang tidak inklusif.

Contoh:

- Gangguan penglihatan (buta) perlu keterampilan Braille
- Gangguan pendengaran dan atau bicara perlu keterampilan Bahasa Isyarat
- Gangguan gerak perlu tongkat penopang atau alat bantu tangan/kaki

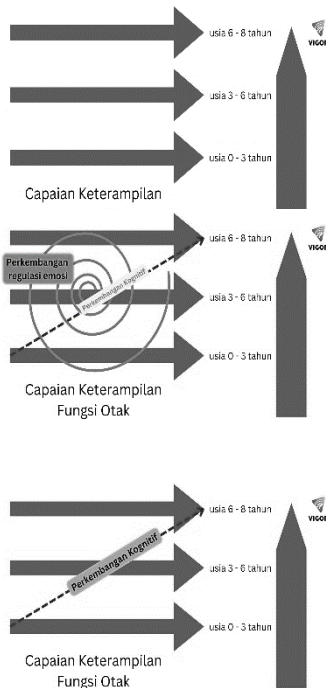
Gangguan yang menjadi pembicaraan:

1. Gangguan emosi
2. Gangguan perilaku
3. Gangguan konsentrasi/fokus

Gangguan tersebut bisa disebabkan dari struktur/anatomi otak atau karena gangguan perkembangan fungsi. Yang menjadi pembahasan untuk diberi aktivitas untuk kompensasi atau peningkatan pematangan fungsi.

Perlakuan anak dengan kecenderungan gangguan emosi, perilaku, konsentrasi itu disesuaikan dengan usianya. Harus selalu diingat rumus kematangan fungsi otak punya keterampilan capaian perkembangan yang sesuai. Jika belum tercapai maka upaya pematangan dilakukan dengan paralel tetap mengembangkan keterampilan yang harus dicapai, tentu hal ini membuat upaya aktivitas menjadi bertambah banyak dan butuh usaha lebih dari pendamping anak. Semakin

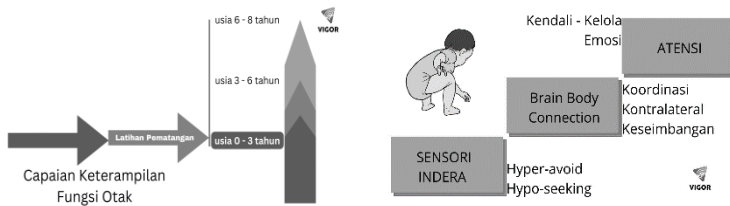
jauh kelambatan keterampilan fungsi otaknya, maka semakin besar usaha untuk melatih sekaligus mengupayakan keterampilan usianya.



Perkembangan kematangan keterampilan fungsi otak yang reguler. Pada usia 0—3 tahun itu sesuai dengan perkembangan yang dibahas melalui konsep sensori integrasi di piramida belajar. Lebih banyak orangtua dan pendidik membicarakan kemampuan akademis atau kognitif, yang pada perspektif neurosains akan berjalan “di atas” landasan sensorimotor - *perceptual motor*. Pada kondisi landasan rapuh tentu perkembangan keterampilan kognitif itu akan mengalami kesulitan.

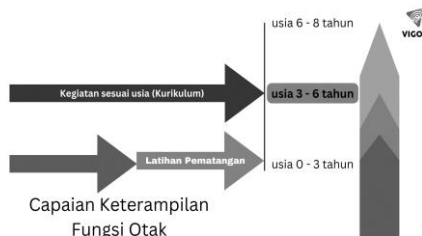
Dalam rangkaian pematangan fungsi kerja otak untuk membentuk keterampilan kognitif, terdapat komponen psikomotor dan afektif. Psikomotor yang dominan berkembang di usia 0—3 tahun, selanjutnya mengalami pematangan untuk saling mengait dengan komponen lain menjadi perilaku. Afektif adalah regulasi emosi, disebut regulasi artinya bisa naik atau turun dan bisa berubah. Perkembangan fungsi otak untuk fungsi regulasi emosi akan terus terjalin bersamaan dengan

pengalaman keseharian yang mewarnai perkembangan gerak menjadi perilaku. Dalam penambahan pengetahuan, perilaku akan membentuk karakter secara bertahap. Karakter adalah cermin atau ekspresi kombinasi yang komprehensif dari kerja otak melalui sirkuit-sirkuitnya.

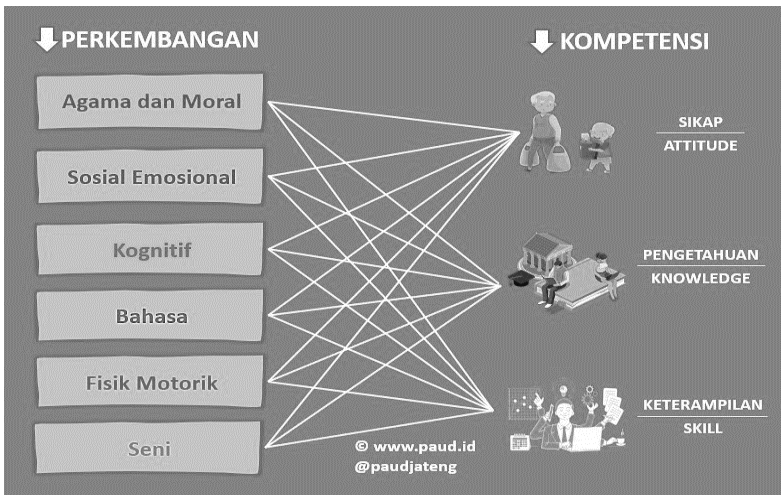


Anak usia 3 tahun dengan keterampilan fungsi otak belum sesuai capaian perkembangannya, akan memerlukan kegiatan latihan pematangan yang bisa dilakukan bersamaan proses kegiatan harian. Berbagai paparan pada pengalaman sensori dan gerak tanpa bantuan dari pendamping bertujuan untuk mendapatkan keseimbangan dan koordinasi kontralateral.

Pada tahapan perkembangan ini, dalam perspektif neurosains dikenal fase koneksi otak ke tubuh (*brain body connection*). (C. Fitzpatrick et al., 2014; C. Fitzpatrick & Pagani, 2012; R. Fitzpatrick & McCloskey, 1994)



Pada usia 3—6 tahun, saat anak mulai diperkenalkan kepada lembaga sekolah dengan durasi aktivitas kelompok sebaya lebih dari 2 jam setiap hari, diharapkan keterampilan fungsi otak sudah berada pada capaian perkembangan dengan kesiapan melakukan aktivitas mandiri yang aman untuk diri sendiri dan teman bermain, sekaligus nyaman dengan membawa keceriaan. Capaian perkembangan yang aman dan nyaman ini akan terbentuk jika kemampuan mengendalikan diri pada tantangan gravitasi dengan dinamika dunia sekitarnya dapat dilakukan. Keterlambatan pada usia sebelumnya membuat kebutuhan pematangan harus berjalan paralel dengan kegiatan sesuai usia. Karena itu, kegiatan yang bertujuan ganda pada penguatan sensori integrasi motorik-perseptual perlu menjadi bagian program kegiatan kelompok yang berarti sekaligus memberi stimulus kelompok usianya untuk bersama-sama mencapai indikator capaian perkembangan berikutnya.



Standar tingkat pencapaian perkembangan anak adalah serangkaian tahapan yang biasa digunakan untuk mengevaluasi kemampuan dan perkembangan anak pada berbagai aspek seperti kognitif, motorik, sosial, dan emosional. Sementara itu, perkembangan fungsi otak merupakan proses kompleks yang melibatkan pertumbuhan dan pengembangan struktur otak serta fungsi kognitif dan perilaku yang berkaitan dengan aktivitas otak. Pada setiap tahap perkembangan, terjadi perubahan signifikan dalam struktur dan fungsi otak yang memungkinkan anak untuk mencapai tingkat perkembangan yang lebih tinggi. Pada masa kanak-kanak, otak terus berkembang dan mengalami perubahan yang signifikan. Pada tahap ini, anak-anak mampu belajar keterampilan kognitif yang lebih kompleks seperti berpikir abstrak, memecahkan masalah, dan mempelajari konsep matematika dan bahasa yang lebih rumit. Dalam rangka mencapai standar tingkat pencapaian perkembangan anak yang normal, maka perkembangan fungsi otak harus terjadi pada tingkat yang normal pula. Jika terdapat masalah dalam perkembangan fungsi otak, maka anak mungkin akan mengalami kesulitan dalam mencapai standar tingkat pencapaian perkembangan yang normal pada aspek-aspek tertentu. Kondisi fungsi otak dengan kelambatan kematangan memerlukan porsi stimulasi yang lebih besar untuk aspek fisik motorik dan sosial emosi, disusul aspek bahasa dan kognitif (C1-C2) dalam wacana seni dan agama.



VIGOR

Daftar Pustaka

- A.M., G., & A., S. (2012). Sleep, emotional and behavioral difficulties in children and adolescents. In *Sleep Medicine Reviews*.
- Amalric, M., & Dehaene, S. (2018). Cortical circuits for mathematical knowledge: Evidence for a major subdivision within the brain's semantic networks. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 373, Issue 1740). Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0515>
- Anderson, Mike, Sala, D., & Sergio. (2016). *Neuroscience in Education*.
- Barker A., R., & Cicchetti, F. (2012). *Neuroanatomy and Neuroscience at a Glance*.
- Barker, R. (n.d.). *Neuroanatomy and Neuroscience at a Glance*.
- Berk, L. (n.d.). *Child Development*.
- Berk, L. E. (2006). *Child development 7th edition* (p. 1 v. (various pagings)).
- Chaieb, L., Wilpert, E. C., Reber, T. P., & Fell, J. (2015). Auditory beat stimulation and its effects on

- cognition and mood states. In *Frontiers in Psychiatry* (Vol. 6, Issue MAY). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2015.00070>
- Cohen, M. A., Evans, K. K., Horowitz, T. S., & Wolfe, J. M. (2011). Auditory and visual memory in musicians and nonmusicians. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(3), 586–591. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0074-0>
- Comanducci, C., & Wilkinson, A. (n.d.). *Matters of telling : the impulse of the story*.
- Davis, G. E., & McGowen, M. A. (n.d.). *The human brain and mathematics: recent research and educational questions*.
- Evans, T. M., Kochalka, J., Ngoon, T. J., Wu, S. S., Qin, S., Battista, C., & Menon, V. (2015). Brain structural integrity and intrinsic functional connectivity forecast 6 year longitudinal growth in children's numerical abilities. *Journal of Neuroscience*, 35(33), 11743–11750. doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0216-15.2015
- Fitzpatrick, C., McKinnon, R. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2014). Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? *Learning and Instruction*, 30, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.11.003>
- Fitzpatrick, C., & Pagani, L. S. (2012). Toddler working memory skills predict kindergarten school readiness. *Intelligence*, 40(2), 205–212. doi.org/10.1016/j.intell.2011.11.007

- Fitzpatrick, R., & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. In *Journal of Physiology*.
- Fitzpatrick, R., Rogers, D. K., & McCloskey, D. I. (1994). Stable human standing with lower-limb muscle afferents providing the only sensory input. In *Journal of Physiology* (Vol. 480, Issue 2).
- Gallahue, D., Ozmun, J., & Goodway, J. (2011). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults*. McGraw-Hill Education.
- Gibson, E. (1979). Attention and Cognitive Development. In *Attention and Cognitive Development*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2985-5>
- Gloede, M. E., & Gregg, M. K. (2019). The fidelity of visual and auditory memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, 26(4). <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01597-7>
- Graham, E. C. (1959). Voice and articulation. *Exceptional Children*, 25(5), 235. <https://login.pallas2.tcl.sc.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=19733202&site=ehost-live>
- Grodzinsky, Y., Shapiro, L. P., & Swinney, D. (2008). Language and the Brain: Representation and Processing. In *Academic Press*.
- Guyer, J. J., Fabrigar, L. R., & Vaughan-Johnston, T. I. (2019). Speech Rate, Intonation, and Pitch: Investigating the Bias and Cue Effects of Vocal Confidence on Persuasion. *Personality and Social*

- Psychology Bulletin*, 45(3), 389–405. <https://doi.org/10.1177/0146167218787805>
- Hain, T. C., & Helminski, J. O. (n.d.). *Anatomy and Physiology of the Normal Vestibular System*. <http://www>.
- Harris, L. (2001). Vision and Attention. In *Vision and Attention*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21591-4>
- Holly, A. (n.d.). *Attention in Early Development*.
- Hyde, D. C., & Ansari, D. (2018). Advances in Understanding the Development of the Mathematical Brain. In *Developmental Cognitive Neuroscience* (Vol. 30, pp. 236–238). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.04.006>
- Kimura, D. (1993). *Neuromotor Mechanisms in Human Communication (Oxford Psychology Series)*.
- Kinetics, H., Johnstone, J. A., & Ramon, M. (n.d.). *Perceptual-Motor activities for children Perceptual-Motor activities for children an evidence-Based Guide to Building Physical and cognitive skills*.
- Kulasingham, J. P., Joshi, N. H., Rezaeizadeh, M., & Simon, J. Z. (2021). Cortical processing of arithmetic and simple sentences in an auditory attention task. *Journal of Neuroscience*, 41(38), 8023–8039. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0269-21.2021>
- Kumar, R., Narayanan, M., Falk, S., & Editors, H. (n.d.). *Attention and Vision in Language Processing*.
- Kumar, S., Joseph, S., Gander, P. E., Barascud, N., Halpern, A. R., & Griffiths, T. D. (2016). A brain system for

- auditory working memory. *Journal of Neuroscience*, 36(16). <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4341-14.2016>
- Kutter, E. F., Boström, J., Elger, C. E., Nieder, A., & Mormann, F. (2022). Neuronal codes for arithmetic rule processing in the human brain. *Current Biology*, 32(6), 1275-1284.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.01.054>
- Lagercrantz, H. (2016). Infant brain development: Formation of the mind and the emergence of consciousness. In *Infant Brain Development: Formation of the Mind and the Emergence of Consciousness*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44845-9>
- Pagani, L. S., & Messier, S. (2012). Links between Motor Skills and Indicators of School Readiness at Kindergarten Entry in Urban Disadvantaged Children. *Journal of Educational and Developmental Psychology*, 2(1). <https://doi.org/10.5539/jedp.v2n1p95>
- Pickering, S. (n.d.). *Working Memory and Education (Educational Psychology)*.
- Pieters, S., Desoete, A., Roeyers, H., Vanderswalmen, R., & Van Waelvelde, H. (2012). Behind mathematical learning disabilities: What about visual perception and motor skills? *Learning and Individual Differences*, 22(4), 498–504. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.03.014>
- Price, G. R., Yeo, D. J., Wilkey, E. D., & Cutting, L. E. (2018). Prospective relations between resting-state connectivity of parietal subdivisions and arithmetic

competence. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.02.006>

Rosenberger, P. B. (1989). *Perceptual-Motor and Attentional Correlates of Developmental Dyscalculia*.

Rubenstein, J., & Rakic, P. (2013). *Comprehensive Developmental Neuroscience: Neural Circuit Development And Function In The Healthy And Diseased Brain*.

Santrock, J. (n.d.). *Child Development An Introduction, 13th Edition*.

Shonkoff, J. P., Phillips, D. A., & National Research Council (U.S.). Committee on Integrating the Science of Early Childhood Development. (2000). *From neurons to neighborhoods: the science of early child development*. National Academy Press.

Tau, G. Z., & Peterson, B. S. (2009). Normal Development of Brain Circuits. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 147–168. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.115>;

Tierney, A. L., & Nelson, C. A. (2009). Brain Development and the Role of Experience in the Early Years. *Zero to Three*, 30(2), 9–13. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23894221><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3722610>

Tsapakidou, A., Stefanidou, S., & Tsompanaki, E. (2014). Locomotor development of children aged 3.5 to 5 years in nursery schools in Greece. *Review of European Studies*, 6(2), 1–6. <https://doi.org/10.5539/res.v6n2p1>

- Vogel, S. E., Goffin, C., & Ansari, D. (2015). Developmental specialization of the left parietal cortex for the semantic representation of Arabic numerals: An fMR-adaptation study. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 12(1), 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.12.001>
- Walk, R., & Herbert, P. (2018). Intersensory Perception and Sensory Integreton. *Applied Psycholinguistics* , 3(1).
- Ward, J. (n.d.). *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience*.
- Ward, J. (2015). The Student's Guide to Cognitive Neuroscience. In *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience*. doi.org/10.4324/9781315742397



VIGOR

Profil Penulis



Latar belakang pendidikan di bidang kesehatan mengantarkan kepedulian pada topik perkembangan dan pencegahan kesakitan. Berkecimpung dalam banyak kegiatan pendampingan anak dan menyusun modul untuk mengembangkan neurosains bagi dunia pendidikan. Konsep neurosains terapan ini sempat mendapat penghargaan sebagai finalis Social Enterpreuner of The

Year 2016 dari Ernst & Young. Saat ini terus memperdalam dengan juga melakukan penelitian di program Magister PAUD Universitas Panca Sakti, Bekasi.

Fungsi Otak

Dalam buku ini disampaikan urutan perkembangan *fungsi otak* dengan informasi *teknik anatomi* atau struktur sebagai acuan, namun lebih menitik beratkan pada terapan aplikatif yang muncul dalam perkembangan anak pada usia emasnya. Informasi perkembangan fungsi otak secara berurutan ini akan memberi bantuan bagi semua pihak terkait yang mendampingi anak untuk mengenali profil perkembangan anak dalam menyusun program pendidikan dan pengasuhan yang sesuai. Buku ini diperuntukkan bagi para guru anak usia dini dan semua pihak diberbagai sektor, baik di bidang seni, agama, apalagi gerak untuk mengenali mesin kehidupan manusia yang utama. Kebutuhan pengetahuan pada profil kerja otak akan semakin penting seiring terjadinya percepatan evolusi pola asuh dari perkembangan teknologi industri di masyarakat global.



Latar belakang pendidikan di bidang kesehatan mengantar kepedulian pada topik perkembangan dan pencegahan kesakitan. Berkecimpung dalam banyak kegiatan pendampingan anak dan menyusun modul untuk mengembangkan neurosains bagi dunia pendidikan. Konsep neurosains terapan ini sempat mendapat penghargaan sebagai finalis Social Enterpreuner of The Year 2016 dari Ernst & Young. Saat ini terus memperdalam dengan juga melakukan penelitian di program Magister PAUD Universitas Panca Sakti, Bekasi.



PENERBIT KBM INDONESIA
Anggeta IKAP
0813 5751 7526 / 0353 3234874
Kantor I : Banguntapan, Bantul, Yogyakarta
Kantor II : Balen, Bojonegoro, Jawa Timur
@penerbitbukujogja
@penerbitkrm

ISBN 978-623-499-275-5

