

HASIL KAJIAN NEUROSCIENCE DAN IMPLIKASINYA DALAM PENDIDIKAN¹

Oleh: Slamet Suyanto
Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY

ABSTRAK

Kemajuan di bidang *neuroscience* dan *Human Genome Mapping* telah mengungkap banyak informasi tentang struktur dan kinerja otak manusia dan potensi genetiknya. Manusia memiliki keberbakatan yang jamak yang luar biasa yang membedakannya dengan hewan, meliputi aspek intelektual, moral, sosial, bahasa, *dexterity*, dan emosi. Otak manusia mengandung lebih dari satu milyar sel syaraf otak (neuron) dan hampir satu triliun sel glia. Setiap neuron tersebut dapat membentuk jaringan dengan dua puluh ribu neuron lainnya, sehingga membentuk trilyunan kombinasi yang siap memproses informasi yang tak terhingga. Otak tersusun oleh korteks, medula, dan batang otak yang membentuk satu kesatuan (*triune*), membentuk manusia seutuhnya yang memiliki kemampuan *heart*, *head*, dan *hand* yang tinggi. Belahan kanan dan kiri dengan jembatan korpus kolosum membentuk reaktor otak (*cerebreactor*), fisi dan fusi, yang memungkinkan proses berfikir tingkat tinggi. Bahkan kini ditengarahi bahwa konstelasi otak manusia mampu mencapai puncak spiritualitas yang ditengarahi sebagai gelombang keempat peradaban manusia.

Hasil-hasil penelitian *neuroscience* tersebut memiliki implikasi dalam dunia pendidikan. Pendidikan harus mampu menstimulasi otak sehingga membuka gembok-gembok *biune* dan *triune* dan memfungsikan *cerebreactor*-nya. Kegiatan pembelajaran yang menyenangkan, eksploratif, divergen, dan reflektif diperlukan untuk mengembangkan fungsi otak secara optimal.

Keywords: neuroscience, otak, kecerdasan

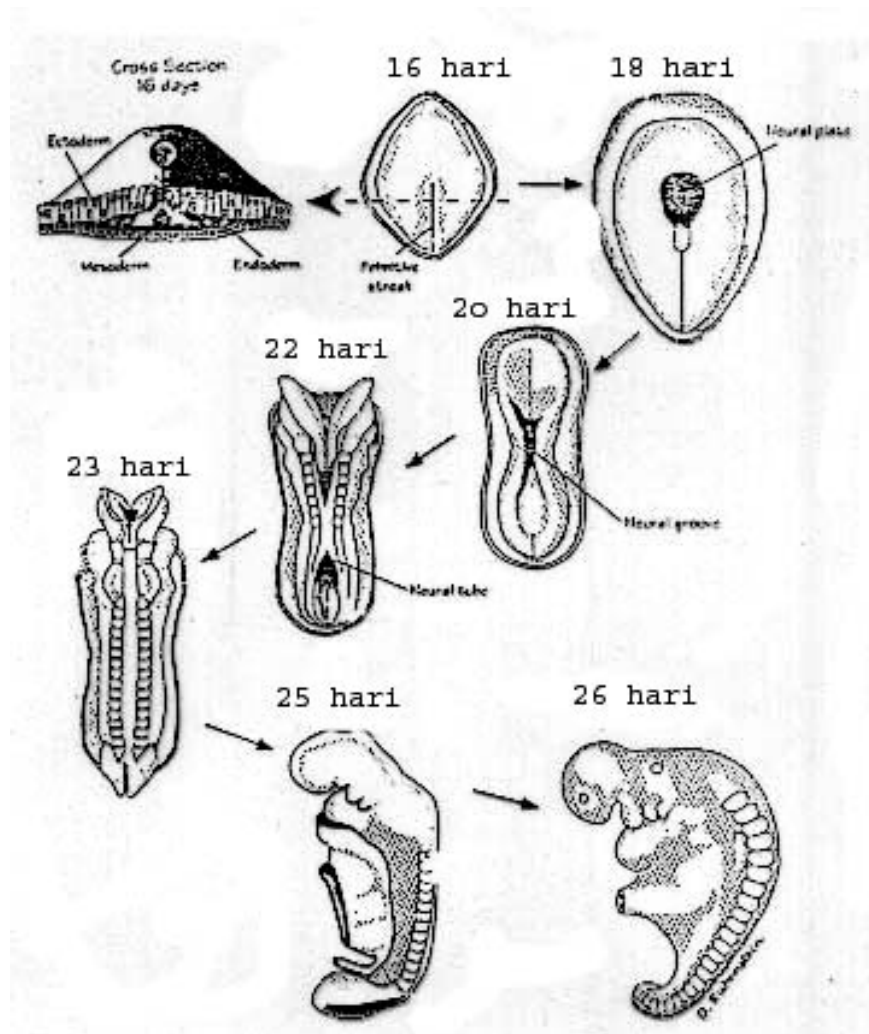
¹ Makalah disampaikan pada seminar nasional Pendidikan Biologi di FMIPA UNY

A. Pendahuluan

Hasil penelitian Brazelton pada anaknya sendiri sejak dalam kandungan dalam bidang neuroscience menyingkap tabir yang menakjubkan tentang kehebatan otak manusia. Penggunaan CT-scan, MRI (*Magnetic Resonance Imaging*), PET (*Positron-Emission Tomography*), tracer glukosa radioaktif, dan penggunaan dioda yang dikombinasikan dengan komputer simulator memungkinkan manusia mengamati berbagai aktivitas otak. Penemuan neuroscience sangat bermanfaat bagi umat manusia, khususnya bagi dunia pendidikan dalam rangka mencerdaskan bangsa. Kecerdasan sangat ditentukan oleh otak. Dengan memberikan stimulasi-stimulasi pendidikan yang tepat maka akan mencerdaskan otak. Kecerdasan yang dikembangkan tidak hanya kecerdasan intekektual, tetapi juga emosional, sosial, dan kecerdasan lainnya. Melalui pendidikan yang baik, potensi-potensi anak dapat dikembangkan secara optimal dan seimbang untuk membangun manusia Indonesia seutuhnya yang religius, berpengetahuan luas, terampil, dan memiliki sikap yang baik.

B. Pembentukan Otak

Lempeng otak (*neural plate*) dibentuk dari sel-sel embrionik sejak usia kehamilan 15 hari. Selanjutnya ia mengalami perkembangan yang pesat. Pada usia kehamilan 16 minggu otak sudah mulai berfungsi. Hal itu tampak dari mulai adanya gelombang elektrik di otak. Sampai usia 24 minggu, bagian korteks (*cortex*) masih halus belum terlihat adanya lipatan-lipatan (*sulci*). Pembentukan otak baru sempurna di akhir kehamilan, lengkap dengan lipatan-lipatan (Gambar 1). Bagian lipatan yang menonjol yang disebut *gyrus* dan sudah terbentuk. *Gyrus* merupakan daerah *cortex* yang sangat penting untuk berpikir dan menyimpan informasi. Dengan adanya lipatan-lipatan, maka luas permukaan *cortex* bertambah dalam ruang tengkorak yang terbatas (Gambar 2).

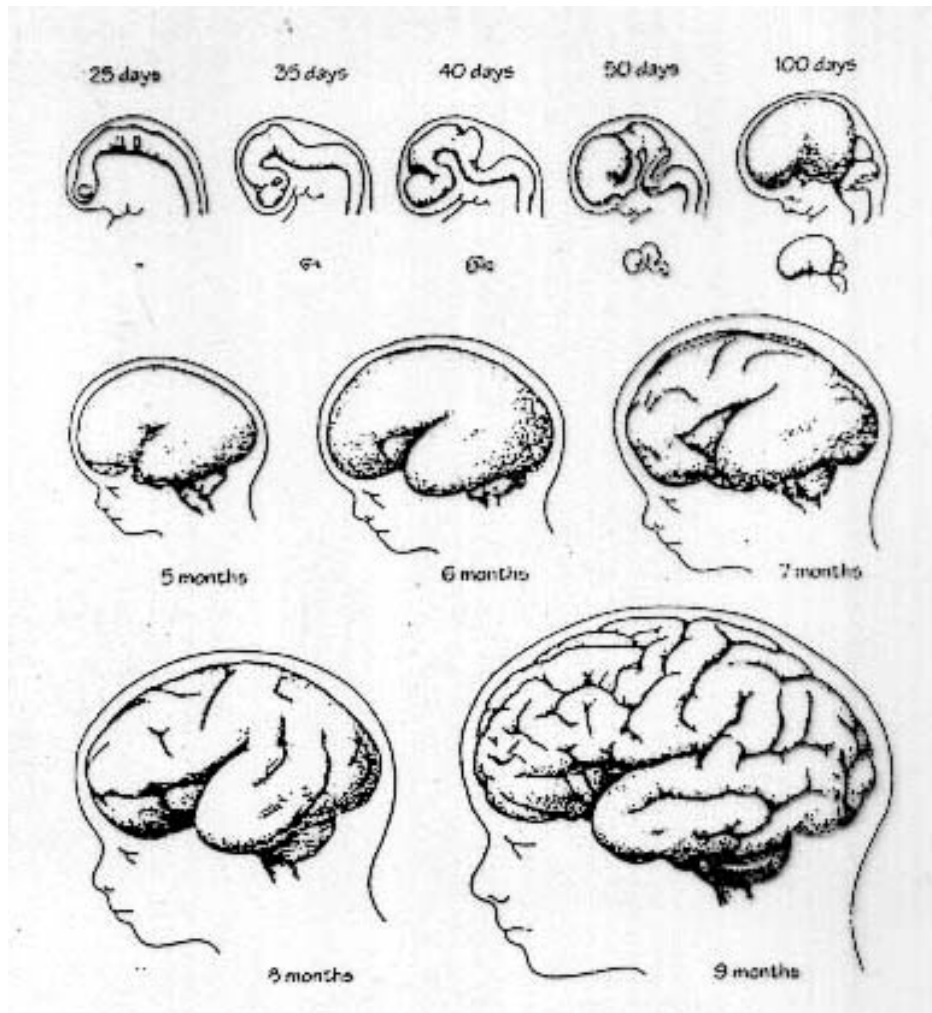


Gambar 1. Perkembangan otak dimulai hari ke 16 setelah pembuahan

Tampak pada hari ke 16 sudah terbentuk lempeng neural yang selanjutnya akan berkembang menjadi otak dan sumsum tulang belakang. Pada hari ke 26 sudah tampak jelas bagian kepala dan calon tulang belakang (Gambar 1).

Selanjutnya, otak mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang sangat pesat. Melalui CT scan dapat diketahui bahwa pada usia tiga bulan, ukuran kepala jauh lebih besar dari anggota badan lainnya. Hal itu membuktikan bahwa perkembangan otak mendahului perkembangan anggota badan lainnya. Berikut

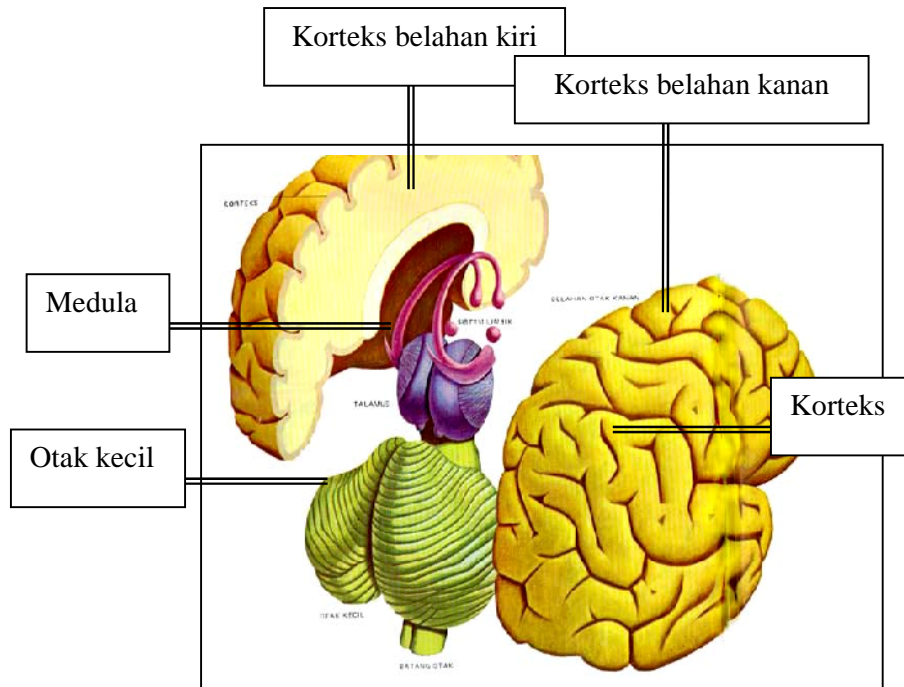
gambar pertumbuhan dan perkembangan otak mulai dari bulan pertama hingga bulan ke sembilan (Gambar 2).



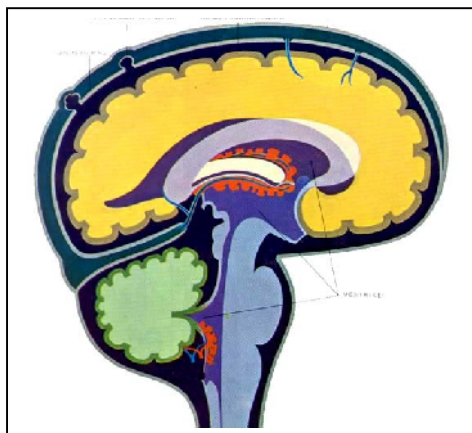
Gambar 2. Perkembangan otak sampai saat mau lahir

Pada gambar di atas, tampak perkembangan otak yang terjadi sangat pesat. Pada usia kehamilan 3 bulan otak sudah tampak jelas dan pada usia kehamilan 7 bulan mulai terbentuk lipatan-lipatan pada bagian cortex. Lipatan tersebut menjadi sempurna pada usia kehamilan 9 bulan. Lipatan-lipatan pada otak memperluas korteks yang menjadi pusat logika dan penyimpanan memori. Ketika lahir, struktur otak sudah sempurna dan sebagian sudah siap digunakan. Proses selanjutnya ada dua proses yang sangat penting yaitu pembentukan selubung

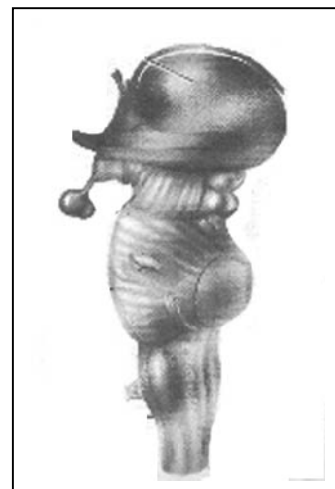
mielin yang dikenal dengan proses **Mielinasi** dan pembentukan **sinapsis** atau hubungan antar sel syaraf. Struktur otak orang dewasa tampak pada Gambar 3 berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. (a) Otak dan bagian-bagiannya. (b) Penampang lintang otak. (c) Otak tengah dan pons.

C. Faktor yang mempengaruhi perkembangan prenatal otak

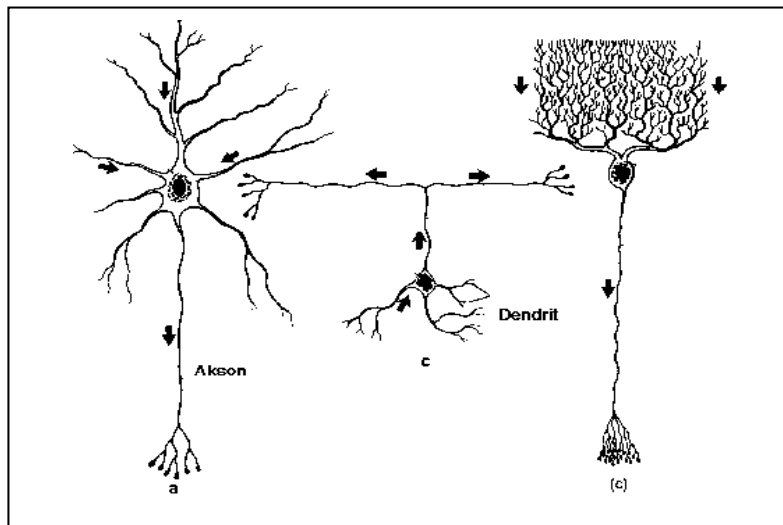
Pembentukan otak merupakan hasil perpaduan antara cetak biru (genetik) dengan faktor lingkungan. Faktor genetik merupakan faktor internal yang diperoleh dari rekombinasi gen kedua orangtuanya. Faktor lingkungan meliputi semua faktor dari luar diri anak, seperti gizi dan stimulasi. Kecukupan makanan dan gizi yang seimbang mempengaruhi pembentukan otak. Oleh karena itu, sangat penting bagi ibu hamil untuk mengonsumsi makanan yang cukup dan bergizi. Kekurangan makanan dan gizi menyebabkan pertumbuhan otak dan badan bayi tidak optimal. Kecukupan kalsium, fosfor dan asam lemak tertentu seperti DHA, Omega-3, dan EPA yang dibutuhkan untuk pertumbuhan sel-sel otak, mempengaruhi pertumbuhannya. Ikan laut seperti tongkol ditengarai mengandung DHA sehingga baik dikonsumsi oleh ibu hamil. Sekarang sudah banyak terdapat makanan dan suplemen yang mengandung zat-zat tersebut di atas sehingga memudahkan para ibu untuk memenuhi kebutuhan gizi anak yang dikandungnya.

Stimulasi dini juga berpengaruh terhadap pembentukan dan pertumbuhan otak. suara ibu, seperti perkataan, degup jantung, tarikan nafas, bacaan Al Quran, musik, sentuhan dan belaian di perut, yang lembut, memberi stimulasi positif. Stabilitas emosi ibu akan terkait dengan stabilitas hormonal juga akan mempengaruhi perkembangan otak. Obat-obatan, kafein, narkoba, alkohol, nikotin, radiasi, teratogen, dan penyakit memberi stimulasi negatif terhadap perkembangan otak. Oleh karena itu ibu hamil harus menjaga emosi dan menjauhi dari makanan dan minuman yang tidak sehat.

D. Perkembangan Postnatal Otak

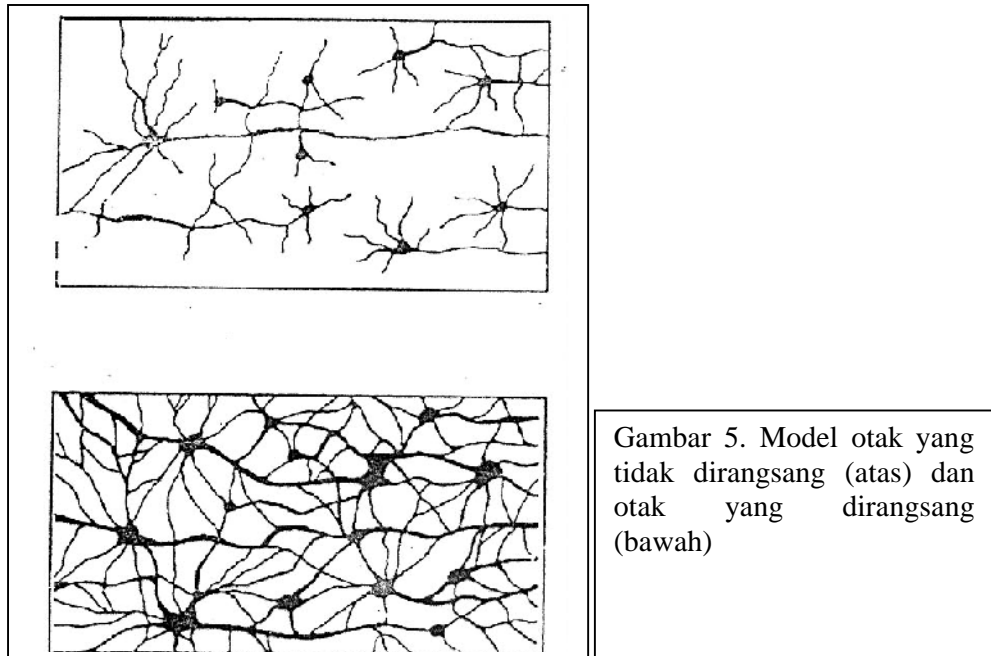
Berbeda dengan pertumbuhan fisik, sel syaraf otak tidak bertambah lagi jumlahnya setelah lahir, tetapi pembentukan myelin dan hubungan antar sel syaraf terus berlangsung. Diperkirakan jumlah sel syaraf otak orang dewasa mencapai 100.000.000.000 (100 milyar) dan ditambah lebih banyak lagi sel glia sehingga mencapai sekitar satu trilyun sel. Setelah lahir, jumlah hubungan antar sel syaraf otak (sinap) melalui dendrit dan neurit terus bertambah. Satu sel syaraf otak dapat menjalin hubungan dengan, 5, 10, 100 atau bahkan 20.000 sel

syaraf otak lainnya. Jadi jika semua sel syaraf rata-rata membentuk 10.000 hubungan, maka akan menghasilkan kombinasi 100.000.000.000. ! 10.000!. Bisa dibayangkan betapa rumitnya jaringan syaraf otak tersebut. Semakin banyak jumlah hubungan tersebut semakin cerdas otaknya. Jumlah hubungan antar sel syaraf otak tersebut sangat ditentukan oleh stimulasi dan makanan (Periksa Gambar dan 4 berikut ini).



Gambar 4. Berbagai bentuk sel syaraf otak dan sejumlah cabang *dendrite* dan *neurit* yang siap membentuk jaringan. Arah panah menunjukkan arah impuls (arus listrik)

Di samping itu, proses mielinasi juga terus berjalan. Selubung mielin terdiri atas lipoprotein dan berfungsi sebagai isolator dan sekaligus penguat aliran listrik melalui sel syaraf. Selubung mielin (*myelin sheath*) ini mempengaruhi kecepatan transfer impuls atau arus listrik di otak sehingga mempengaruhi kecepatan berpikir. Oleh karenanya, memberikan stimulasi pada anak sangat penting untuk pertumbuhan hubungan antar sel syaraf otak dan pertumbuhan mielinnya. Periksa gambar sel syaraf otak yang dirangsang (cerdas) dan yang tidak dirangsang (tidak cerdas) (Gambar 5).



E. Sel Syaraf dan Kinerjanya

Inti dari otak adalah sel syaraf otak yang berfungsi untuk mengenali, memproses, dan merespon serta mengkoordinasikan tindakan sebagai respon terhadap rangsang. Mula-mula sel pada indera menerima rangsang. Rangsang yang cukup kuat menyebabkan sel syaraf reseptor pada indera tereksitasi sehingga timbul arus listrik. Arus listrik dialirkan ke otak melalui syaraf sensoris. Otak memproses informasi tersebut dan memberikan tanggapan yang selanjutnya disampaikan ke efektor (alat gerak) melalui syaraf motoris. Kepekaan terhadap rangsang, kecepatan menghantarkan-memproses- dan memberi tanggapan terhadap rangsang menjadi faktor penting kecerdasan.

Dalam keadaan tidak ada rangsang, sel syaraf bermuatan negatif. Di dalam sel banyak ion Cl^- dan K^+ . Jika terkena rangsang, banyak ion Natrium (Na^+) masuk ke dalam membran sel syaraf. Jika perubahan tersebut mencapai nilai ambang, maka sel syaraf akan tereksitasi dan terjadi arus listrik (impuls) yang selanjutnya dialirkan oleh syaraf sensoris ke otak.

F. Otak dan bagian-bagiannya

Manusia memiliki sistem syaraf yang terdiri atas syaraf pusat yaitu otak dan sumsum tulang belakang, serta syaraf tepi yaitu semua syaraf yang menjulur ke seluruh bagian tubuh dari sistem syaraf pusat.

Secara umum otak manusia terdiri atas tiga bagian: otak besar (cortex), otak kecil (cerebellum), dan batang otak (pons). Ketiga bagian tersebut memiliki bagian-bagian yang lebih detail lagi. Marian Damond seorang peneliti otak dari universitas California di Barkley (dalam Dryden & Vos, 1994) membagi otak menjadi tujuh bagian, yaitu:

1. Prefrontal Cortex

Merupakan bagian yang penting untuk berpikir, memproses dan menyimpan memori.

2. Temporal Lobe

Merupakan pusat bicara.

3. Motor Cortex

Pusat pengaturan aktivitas organ tubuh untuk melakukan gerak terkoordinasi.

4. Parietal Lobe

Pusat pengaturan gerak tangan dan kemampuan spatial.

5. Occipital Lobe

Pusat pengaturan visual.

6. Cerebellum (Otak kecil)

Pusat pengaturan secara dinamis keseimbangan, koordinasi, dan berperan sebagai pilot otomatis.

7. Medulla

Pusat pengaturan kerja jantung dan paru-paru.

8. Sistem limbik

Pusat pengendalian emosi, seks, cinta, dan kesabaran.

9. Hipotalamus

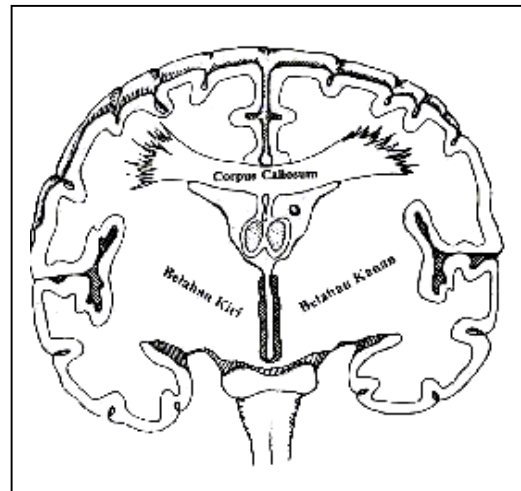
Perantara, semua rangsang dari indera ke otak melalui Hipotalamus baru dilanjutkan ke cortex dan bagian lainnya

10. Hipofisis

Suatu bagian otak yang terletak di bawah (ventral) hipotalamus yang berfungsi sebagai penghasil hormon yang menstimulasi kerja otak dan kelenjar lainnya (Periksa gambar 3.)

G. Otak Kiri dan Otak kanan (*biune*)

Otak terdiri atas belahan kiri dan kanan yang tidak sama fungsinya. Otak kiri menjalankan fungsi linier, sikuensial, logis, analitis, konvergen, kata, ditail, dan angka. Otak kanan memiliki fungsi dimensi, intuitif, imajinasi, divergen, ritme, gestalt, holistik, dan spatial.



Antara otak kiri dan kanan dihubungkan oleh korpis kolosum. Korpis kolosum kadang membuka hubungan antara belahan kanan dan kiri (reaksi fusi) dan kadang memisah (reaksi fisi) sehingga menjadikan otak sebagai reactor (Cerebreaktor). Dalam waktu yang sangat singkat trilyunan informasi dapat diproses melalui kerja fusi dan fisi kedua belahan tersebut. Oleh karena itu fungsi guru dan orangtua ialah membuka gembok kedua belahan otak tersebut agar dapat bekerjasama secara maksimal.

H. Otak Triune

Otak dapat di pisahkan menjadi otak atas, tengah dan bawah. Otak atas atau korteks menjalankan fungsi intelektual. Otak tengah atau sistem limbik (medula) disebut juga otak mamalia menjalankan fungsi emosi.



Sedangkan otak bawah atau otak reptilia menjalankan fungsi refleksi. Kalau kita ketemu teman atau saudara kita tersenyum dan menyapanya dengan ramah; hal itu dikoordinasikan oleh otak bawah sehingga segalanya terjadi secara refleksi dan alami. Tetapi kalau tukang foto yang akan mengambil foto kita mengatakan “tersenyum dong” lalu kita tersenyum, maka senyum tersebut dikoordinasikan oleh otak atas, hasilnya senyum palsu. Guru dan pendidik harus mampu menyentuh ketiganya agar bekerjasama secara baik sehingga menyatu yang disebut otak triune.

I. Indera sebagai alat input otak

Manusia memiliki banyak indera: mata, telinga, lidah, hidung dan kulit yang dikenal dengan panca indera. Selain itu masih terdapat beberapa reseptor di dalam tubuh. Indera merupakan alat pemasukan data bagi otak. Indera mengubah rangsang menjadi arus listrik (impuls), yang selanjutnya dialirkan ke otak. Otak mencoba menerjemahkan impuls tersebut menggunakan memori yang telah dimiliki untuk menghasilkan sensasi dan persepsi. Stimulasi pada indera akan berpengaruh terhadap perkembangan otak dan kecerdasannya. Berikut adalah kinerja sistem indera pada manusia.

1. Kulit

Pada kulit terdapat syaraf sensoris yang peka terhadap permukaan (kasar-halus), suhu (panas-dingin) dan sakit. Perangsangan pada kulit, melalui sentuhan yang lembut akan merangsang perkembangan otak.

2. Telinga

Telinga berfungsi sebagai sensor pendengaran dan keseimbangan. Syaraf pendengaran-keseimbangan menghantar rangsang pendengaran dari koklea (rumah siput), rangsang rasa sikap gerakan badan yang indranya berada di dalam ampula ketiga kanalis semisirkularis dan rangsang gaya berat yang indranya berada di dalam utrikulus dan sakulus. Adalah persoalan yang menarik mengapa 3 indra yang berbeda berada di satu alat yaitu labirin.

Telinga merupakan indera yang telah berfungsi sejak bayi dalam kandungan. Indra pendengaran yaitu organ corti berada di dalam koklea. Alat ini mendapat rangsangan gerakan endolimfe. Rangsang berasal dari getaran udara 15 – 24.000 siklus perdetik yang ditangkap daun telinga dan disalurkan ke liang telinga luar ke membran timpani. Membran timpani menggetarkan tulang-tulang pendengaran kecil di telinga tengah: maleus, inkus, dan stapes. Stapes selanjutnya menggetarkan endolimfe di dalam koklea.

Organ corti mengubah getaran ini menjadi rangsang listrik yang disalurkan melalui nervus akustikus ke pusat-pusatnya di pons bagian bawah. Di sini serat-serat nervus akustikus ada yang bersinapsis sesisi, dan ada yang berjalan menyilang garis median dan bersinapsis di pusat pada sisi lain. Dari sini berjalan syaraf kedua ke atas yang disebut lemniskus lateralis. Serat-serat lemniskus lateralis ada yang bersinapsis di kolikulus inferior sesisi, ada yang menyilang ke kolikulus inferior sisi lain. Dari sini berjalan syaraf ketiga ke korpus genikulatum mediale di daerah belakang thalamus dan bersinapsis lagi dengan syaraf keempat yang berjalan ke pusat pendengaran primer di girus transverses Heschl lobus temporalis. Pemberian stimuli suara sejak bayi dalam kandungan akan merangsang perkembangan otak, sehingga akan mencerdaskan otak.

Rangsang sikap dan gerakan badan ditangkap oleh krista ampularis di dalam ampula kanalis semisirkularis. Rangsang grafitasi ditangkap oleh makula di dalam utrikulus dan sakulus. Rangsang ini diubah menjadi rangsang listrik yang disalurkan melalui nervus vestibularis ke pusatnya di pons bawah. Dari pusat ini rangsang diteruskan ke syaraf kedua ke:

- serebelum, lobulus flokulo-nodularis kedua sisi
- ke komu motorik medula spinalis melalui traktus vestibulospinalis
- ke mesensefalon, diensefalon melalui fasikulus longitudinalis medialis
- langsung atau tak langsung melalui jalur-jalur tersebut di atas ke korteks lobus frontalis, temporalis dan parietalis, yang menjadi pusat keseimbangan.

Mengalami gerakan ke berbagai arah akan merangsang organ keseimbangan yang pada akhirnya merangsang otak untuk berkembang. Itulah sebabnya anak kecil senang diayun atau gendong dengan digerak-gerakkan.

3. Mata

Syaraf pelihat menerima rangsang cahaya antara panjang gelombang 400-700 milimikron yang ditangkap oleh sel-sel retina mata. Rangsang yang berasal dari sisi lateral papilla nervi optici disalurkan ke korpus genikulatum laterale yang terletak di bagian belakang pulvinar thalamus. Rangsang yang berasal dari bagian medial papilla nervus II berjalan menyilang dalam kiasma optikum dan bersinapsis di korpus genikulatum laterale sisi lain. Dari korpus genikulatum laterale ke luar syaraf sambuangannya yang berjalan dalam berkas yang disebut radialis optika Gratioleti yang berakhir di pusat pelihatan primer di korteks lobus oksipitalis bagian medial, di atas dan di bawah fisura kalkarina. Dengan demikian lapangan pandang sebelah kiri ditangkap pusat pelihatan lobus oksipitalis kanan dan lapangan pandang kanan jauh di pusat pelihatan kiri.

Penelitian Huebel dan Wiesel menunjukkan bahwa di korteks visual primer, benda yang dilihat terurai menjadi unsur bentuk dan warnanya. Di pusat pelihatan ini terdapat daerah yang hanya menerima rangsang warna, daerah lain hanya menangkap garis dengan kemiringan tertentu, ada yang menangkap bentuk. Gerakan ditangkap oleh daerah khusus lain. Di daerah sekitar pusat pelihatan primer terdapat daerah pelihatan sekunder yang berfungsi menggabung komponen-komponen yang terurai ini menjadi benda yang utuh. Dengan bekerja sama dengan lobus parietalis dan lobus temporalis benda yang dilihat dikenali dan dimengerti.

Sebagai indera mata baru berfungsi baik sekitar sebulan. Mata perlu beradaptasi dengan intensitas cahaya. Di dalam kandungan suasana gelap gulita dan setelah lahir terang benderang. Perangsangan melalui mata dapat diberikan ketika anak sudah mulai melihat dengan memberikan peluang

untuk melihat sekelilingnya dan dengan memberi benda-benda berwarna-warni.

5. Hidung

Indra penghidu (pembau) terletak di puncak rongga hidung. Molekul-molekul zat kimia yang berbau ditangkap indra ini dan menimbulkan rangsang syaraf yang disalurkan melalui syaraf kranial I: nervus olfaktorius. Rangsang ini kemudian diteruskan ke pusatnya di daerah ujung baga pelipis bagian medial. Di sini serat-serat syaraf nervus olfaktorius juga berhubungan dengan amigdala yang menjadi pusat utama emosi. Dengan demikian bau yang dihidu dapat merangsang timbulnya emosi tertentu.

6. Lidah

Lidah merupakan reseptor zat kimia cair. Zat kimia yang dicairkan oleh air ludah memberi rangsang terhadap pupil pengecap pada lidah. Pupil pengecap tersebut dihubungkan oleh syaraf sensoris ke otak bagian pembau. Pusat syaraf pembau berada di medula oblongata, mengurus hal-hal berikut:

- muskulus stilofaringeus yang turut bekerja ketika menelan makanan
- kelenjar ludah glandula parotis melalui syaraf parasimpatiknya
- rasa kecap 1/3 lidah bagian belakang
- rasa permukaan daerah faring atas dan lidah belakang.

7. Reseptor lain

Selain ke-lima indera, tubuh manusia dilengkapi dengan reseptor lain, seperti reseptor kimia (*chemoreceptor*) yang antara lain berguna untuk mengetahui kadar gula dan kadar oksigen dalam darah. Jika kadar gula darah rendah, kita merasa lapar. Masih ada lagi reseptor pada otot yang disebut proprioreseptor yang juga berfungsi untuk mengetahui posisi tubuh.

8. Perkembangan motorik

Motorik, gerakan, mempunyai unsur-unsur kekuatan, refleks, tonus, keseimbangan, koordinasi. Gerakan dilaksanakan oleh otot-otot yang melekat pada tulang. Otot mengerut dan mengiwanng, kontraksi dan relaksasi, diatur oleh sistem syaraf. Pusat gerakan di dalam otak seperti telah diterangkan di atas ialah di daerah belakang bagian parietal yang berbatasan dengan baga ubun-ubun.

Ada dua sistem gerak pada manusia, yaitu gerak reflex dan gerak sadar (terkoordinasi). Refleks ialah aktifitas yang timbul langsung sebagai respon terhadap rangsangan tanpa olahan syaraf sentral bagian korteks. Refleks bermacam-macam dari yang sederhana hingga yang kompleks. Contoh refleks yang sederhana adalah refleks menyusu. Bayi yang baru lahir dan sehat sudah dapat menghisap susu dari payudara ibunya. Refleks alimentasi ini dapat dimulai dari pipi bayi yang disentuh puting payudara. Bayi akan menengok ke arah payudara yang akan dihisap itu. Mulutnya membuka, bibirnya menangkap puting payudara, mungkin tangannya akan memegang payudara itu, lalu timbul gerakan menghisap dan menelan. Semua aktifitas ini berjalan reflektoris.

Sistem gerak kedua adalah gerak terkoordinasi, yang merupakan kerjasama antara otak, syaraf tepi, otot, dan tulang (sistem syaraf dan sistem gerak). Jumlah otot pada badan manusia lebih dari 300 buah. Untuk tercapainya gerakan yang sempurna pada tiap gerakan aktifitas otot-otot yang bersangkutan harus diatur derajat kontraksinya. Pengaturan ini dilakukan oleh otak kecil. Gangguan pada serebelum akan menyebabkan gerakan menjadi tak teratur, atraksia. Jalan syaraf yang menghubungkan otot dengan serebelum dalam garis besarnya ialah sebagai berikut: rangsang- syaraf sensoris-otak-syaraf motoris-effektor. Syaraf sensorik dari otot berjalan dalam syaraf perifer masuk ke dalam medulla spinalis melalui radiks dorsalis. Syaraf ini bersinapsis di daerah tengah dorsal zat kelabu di kumpulan sel syaraf yang disebut nucleus Clarki. Dari sini keluar syaraf kedua yang berjalan sesisi dalam jaras yang disebut traktus spinoserebelaris yang terletak

di daerah lateral tengah medulla spinalis dan berjalan ke atas dan masuk ke dalam serebelum. Dalam korteks serebelum syaraf bersinapsis dengan syaraf ketiga yang keluar serebelum ke mesensefalon dan bersinapsis di nukleus ruber sisi bertentangan. Dari nukleus ruber keluar syaraf rubrospinal dan rubroretikularis yang berjalan menyilang kembali ke sisi semula. Traktus rubrospinalis berjalan ke bawah dan berakhir langsung atau melalui sel internusial di kornu ventralis medulla spinalis. Traktus rubroretikularis bersinapsis di sel-sel formasio retikulospinalis batang otak setelah menyilang garis median. Dari formasio retikularis berjalan syaraf desenden yang disebut traktus retikularis yang juga berakhir di kornu ventralis. Rangsang dari serebelum selanjutnya disalurkan melalui syaraf perifer motorik kembali ke otot.

J. Perkembangan emosi

Bayi yang baru lahir telah menunjukkan adanya emosi. Bila perutnya penuh, tekak tidak kering, bokong kering, ia tenang; bila sadar tampak senang. Bila tekak kering, perut kosong atau bokong basah, ia gelisah. Bila tidak segera ditolong ia tampak kesal dan menangis. Bila masih didiamkan saja teriakannya makin keras, lengan, tungkainya bergerak-gerak makin kuat seperti tampak marah. Hal ini menunjukkan hubungan emosi dengan fungsi sistem syaraf autonom orto - dan para-simpatik serta motorik. Bila terkejut, bayi juga dapat menangis dan tampak takut.

Ketika lahir, otak yang berfungsi baru otak reptil yang menunjukkan sifat egosentris. Dengan pertumbuhan selanjutnya, otak mamalianya turut bekerja dan muncullah emosi yang terkait dengannya yaitu rasa sayang, iri, sedih, empati, dan kecewa. Dengan berkembangnya fungsi neokorteks kemudian, berkembang pula jenis-jenis emosi lainnya.

Amigdala dan hipokampus yang merupakan bagian penting sistem limbik terdapat di ujung depan lobus temporalis bagian medial. Perangsangan kelompok inti neuron di bagian lateral amigdala menimbulkan reaksi agresif sedangkan perangsangan nuclei medialnya berakibat sebaliknya, yaitu hambatan perilaku

agresif. Pada hewan percobaan perusakan amigdala bilateral menyebabkannya menjadi jinak dan tidak mempunyai lagi rasa takut alami. Misalnya seekor kera akan bermain-main dengan ular berbisa yang secara alami merupakan musuh besarnya. Pada manusia, perangsangan daerah amigdala juga dapat menimbulkan rasa takut, bingung dan amnesia akan kejadian-kejadian selama perangsangan.

K. Kerja Otak sebagai pusat berpikir

Secara garis besar, kinerja otak sebagai pusat berpikir dapat dikelompokkan menjadi delapan macam, yaitu:

1. Menerjemahkan Informasi dari Indera/organ sensoris

Pada hakekatnya mata tidak memahami sesuatu yang dilihatnya. Telinga tidak mengerti apa yang didengarnya. Hidung dan lidah tidak bisa membedakan busuk dengan wangi atau pahit dengan manis, sedangkan kulit tak mampu mengetahui rasa sakit dengan rasa enak tanpa otak. Semua data dari pancaindera diterjemahkan oleh otak.

2. Memproses Informasi

Bagian Cortex dari otak memproses informasi lebih lanjut, seperti memecahkan persoalan dengan mencari alternatif, memilih alternatif terbaik, dan memikirkan sekuen pemecahannya. Otak juga memproses informasi dari input bahasa (baik lisan maupun tulisan) dan memprosesnya, menyimpannya, atau membuangnya.

3. Menyimpan Informasi

Informasi disimpan dalam bentuk memori di korteks. Ada dua jenis memori dalam penyimpanan informasi yaitu yang bersifat sementara (Short-term Memory=STM) dan permanen (Long-term Memori=LTM). Short-term memori dapat diibaratkan seperti RAM (Random Access memory) dalam komputer. Ia adalah memori yang sedang digunakan (working memory). Sedangkan Long-term Memory (LTM) dapat diibaratkan seperti disket atau hardisk yang berguna untuk menyimpan memori jangka panjang.

4. Me-recall Informasi

Mengingat atau *remembering* adalah proses *me-recall* dan *me-retrieve* memori yang telah disimpan di dalam LTM. Jika organisasi memori di dalam otak baik, maka akan lebih mudah kita mengingatnya. Tetapi jika organisasi tersebut tidak baik, maka akan sulit kita mengingatnya. Memori yang sering digunakan akan lebih mudah diingat. Operasi bilangan (+, -, :, dan X) mudah sekali kita ingat, bahkan seperti otomatis keluar dari otak, karena seringnya digunakan.

5. Mengontrol Gerakan

Otak manusia memiliki peberdaan yang mencolok dari hewan pada korteks lobus frontal dan pre-frontal. Lobus frontal terkait dengan gerakan, utamanya tangan. Tangan manusia memiliki keterampilan (*dexterity*) yang amat luar bias. Bagian motor korteks berperan untuk mengontrol gerakan tangan berkembang amat pesat. Semua gerakan tangan tersebut terkontrol oleh otak sehingga gerakan tersebut terencana dengan benar, terstruktur, efektif dan efisien.

6. Mengontrol Bahasa

Korteks lobus prefrontal merupakan pusat bahasa, yang disebut juga daerah Broca, untuk menghormati penemu kelainan bahasa pada anak akibat kerusakan bagian ini. Bagian ini berkembang pesat ada manusia, dan tidak pada hewan karena hewan tidak menggunakan bahasa sehebat manusia. Bercakap-cakap pada anak sejalan ia belum bias bicara merupakan stimulasi yang baik terhadap perkembangan kecerdasan otaknya.

7. Mengontrol Emosi/perasaan

Fungsi otak tengah (sistem limbik) ialah mengontrol emosi dan perasaan. Bagian ini pula yang menyebabkan manusia memiliki rasa empati, cinta, dan kasih sayang. Amigdala yang merupakan bagian terpenting dari system limbic memiliki koneksi dengan korteks dan hipotalamus. Amigdala membutuhkan ekstra energi untuk bekerja. Oleh karena itu ketika emosi, kita

sering kehilangan pikiran yang rasional karena korteks tidak berfungsi. Pada pria, bagian ini berhubungan dengan pons yang mengatur gerak organ tubuh. Itulah sebabnya jika laki-laki marah, ia cenderung kasar, melempar atau memukul. Pada wanita, bagian ini terhubung dengan basal cortex, sehingga wanita lebih rasional dan mampu meredam emosi.

8. Mengontrol Hormonal

Sistem koordinasi dalam tubuh manusia dilakukan melalui dua sistem, yaitu sistem syaraf dan sistem hormonal. Kelenjar Hipofise yang berada di otak tengah di bagian ventral hipotalamus merupakan “*the Master of Gland*” atau pusat kelenjar. Kelenjar ini mengeluarkan hormon yang dapat memacu kelenjar-kelenjar lain di berbagai bagian tubuh untuk mengeluarkan hormonnya. Misalnya ketika orang marah, ia akan menghasilkan TSH (Tyroid Stimulating Hormone) yang merangsang kelenjar tiroid untuk menghasilkan hormone tiroksin. Tiroksin mempercepat denyut jantung dan frekuensi nafa, serta menyempitkan pembuluh darah. Oleh karena itu ketika kita marah, jantung berdetak lebih cepat dan frekuensi nafas lebih banyak.

L. Implikasi dalam Dunia Pendidikan

1. Optimalisasi kecerdasan

Pendidikan sebaiknya mengembangkan kecerdasan, bukan hafalan, yaitu melalui stimulasi otak untuk berpikir. Otak yang cerdas antara lain mampu menciptakan sesuatu yang baru, menemukan alternatif yang tak pernah dipikirkan orang, dan mengatasi masalah dengan elegan. Teknik stimulasi otak ini antara lain melalui pendidikan yang divergen, resiprokal, dan eksploratif. Metode pengembangan tersebut telah dikembangkan para ahli. De Bono, misalnya, mengembangkan latihan otak yang disebut *Lateral thinking*; Bruner mengembangkan *High Order Thinking (HOT)*; Case, mengembangkan *Problem solving*; Gardner mengembangkan *Multiple Intelligences*; dan Goleman mengembangkan *Emotional Intlligences*. Semua kita gunakan untuk mencerdaskan generasi masa depan bangsa Indonesia.

2. Keseimbangan fungsi otak kanan dan kiri

Otak kanan dan otak kiri memiliki fungsi yang berbeda. Otak kanan lebih bersifat intuitif, acak, tak teratur, divergen. Sedangkan otak kiri bersifat linier, teratur, dan konvergen. Oleh karena itu pendidikan hendaknya mengembangkan kedua-belahan otak itu secara seimbang. Pembelajaran yang bersifat eksploratori dan divergen, lebih dari satu kemungkinan jawaban benar akan mengembangkan kedua belahan otak tersebut.

3. Keseimbangan otak triune

Pendidikan harus mengembangkan secara seimbang fungsi otak atas, tengah dan bawah (logika, emosi, dan motorik) yang sering disebut juga *head, heart, and hands*. Hal itu sesuai dengan tujuan pendidikan nasional yaitu mengembangkan manusia yang cerdas, terampil, dan beakhlak mulia.

4. Pengembangan motorik tangan

Keterampilan tangan manusia jauh lebih unggul dibanding binatang manapun. Gerak tangan ini dikoordinasikan oleh otak bagian frontal yang berkembang pesat. Oleh karenanya stimulasi melalui motorik tangan perlu dilakukan sejak dini. Koordinasi tangan ini sifatnya berkebalikan, di mana tangan kiri dikendalikan otak bagian kanan. Oleh karena itu tidak selayaknya kita melarang anak menggunakan tangan kirinya karena hal itu justru sedang mengembangkan otak kanannya.

5. Pengembangan kemampuan berbahasa

Kelebihan lain manusia atas binatang ialah kemampuan berbahasa. Kemampuan ini dikontrol oleh pusat bahasa, yaitu pada lobus prefrontal. Oleh karena bahasa dan kognisi saling mendukung, maka kemampuan bahasa perlu dikembangkan sejak dini. Berbagai fasilitas yang mampu mengembangkan kemampuan bahasa diperlukan untuk memacu munculnya kemampuan berbahasa, baik lisan maupun tulis. Alat-alat tulis berbagai warna dan ukuran, tape dan berbagai suara dan lagu untuk anak-anak, buku-

buku bacaan bergambar yang menarik, dan “environmental print” amat mendukung munculnya literasi.

6. Multiple Intelligences (MI)

Setiap orang itu unik, ia memiliki bakat, potensi, dan keinginan sendiri. Teori MI dari Howard Gardner (2000) mengingatkan kita akan kecerdasan yang ganda. Pendidikan harus mempertimbangkan tipe kecerdasan anak tersebut, bakat, dan keinginannya. Guru harus menggunakan berbagai metode, media, dan objek belajar untuk mengembangkan kecerdasan yang beragam.

7. Belajar sepanjang hayat

Otak dapat digunakan sepanjang hayat, bahkan akan terus berkembang kemampuannya jika digunakan. Sebaliknya, otak akan mereduksi dan cepat pikun jika tidak digunakan untuk berpikir. Oleh karena itu, belajar sepanjang hayat merupakan salah satu cara menjaga agar otak terus berfungsi dengan baik.

M. Kesimpulan

1. Otak manusia merupakan karunia Tuhan yang amat luar biasa, yang memungkinkan manusia dapat berpikir, memiliki perasaan, dan menggunakan bahasa. Kelebihan tersebut menyebabkan manusia mampu belajar dan berpikir tingkat tinggi. Oleh karena itu perlu dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya.
2. Perkembangan otak dimulai saat bayi dalam kandungan. Bergai faktor mempengaruhi perkembangan tersebut. Secara umum faktor tersebut ialah faktor genetik dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan antara lain mencakup makanan yang bergizi, perilaku sehat ibu, kondisi emosi ibu, penyakit, dan stimulasi dini.
3. Setelah lahir, terjadi pembentukan sinap yang mencapai ribuan. Pembentukan sinap ini memungkinkan setiap sel berhubungan dengan banyak sel, sehingga mampu membentuk jaringan yang luas. Selain itu proses mielinasi juga terus

berjalan yang memungkinkan sel syaraf mengalirkan listrik lebih cepat tanpa mempengaruhi aliran listrik sel syaraf lainnya.

4. Pendidikan merupakan bagian terpenting dalam persiapan manusia, mulai dari kanak-kanak (*the long childhood*) sampai akhir hayat (pendidikan sepanjang hayat). Periode 0-8 tahun merupakan tahun emas (*golden age*) untuk mengembangkan kecerdasan anak. Oleh karena itu pendidikan usia tersebut perlu mendapat perhatian yang sangat serius untuk mengembangkan kecerdasan. Perasaan senang di sekolah (*happy in school*), kelas yang demokratis, guru yang menerima anak apa adanya, ramah, dan perhatian dibutuhkan agar anak dapat mengaktualisasikan diri secara optimal.

Referensi

- Brazelton, T. Berry. (199). *How the brain and mind develop in the first five years*. New York, NY: Batam Books.
- Buzan, T. (1989). *Use both sides of your brain*. New York, NY: Penguin Book.
- DePotter, B. (1992). *Quantum Learning: Membiasakan Belajar nyaman dan menyenangkan*. Terjemahan Alawiyah Abdurrahman. Bandung: Kaifa.
- Dreyden, G. & Vos, J. (2000). *Revolusi cara Belajar*. Terjemahan. Bandung: Kaifa.
- Hamilton, R. & Ghatala, E. (1994), *Learning and Instruction*, New York: McGraw-Hill, Inc.
- Meliala, A. (2004). *Anak ajaib: temukan dan kembangkan keajaiban anak anda melalui kecerdasan majemuk*. Yogyakarta: PT Andi.
- Pasiak, Taufik (2004). *Membangkitkan raksasa tidur*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Semiawan, C. R. Dan Alim, Dj. (2002). *Petunjuk layanan dan pembinaan kecedersan anak*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Yahya, H. (2004). *Berpikirlah sejak bangun tidur*.