

## NEUROSCIENCE DALAM KEGIATAN BELAJAR SISWA DI SEKOLAH

**Fathullah Munadi**

Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia  
[fathullahmunadi@gmail.com](mailto:fathullahmunadi@gmail.com)

**Rahmat Shodiqin\***

Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia  
[rahmatshodiqin@uin-antasari.ac.id](mailto:rahmatshodiqin@uin-antasari.ac.id)

**Trining Puji Astutik**

Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia  
[trining@uin-antasari.ac.id](mailto:trining@uin-antasari.ac.id)

**Agustina Ambar Pertiwi**

Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia  
[ambarpertiwi@uin-antasari.ac.id](mailto:ambarpertiwi@uin-antasari.ac.id)

**Ika Irayana**

Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia  
[ika.irayana@uin-antasari.ac.id](mailto:ika.irayana@uin-antasari.ac.id)

### **ABSTRACT**

*Neuroscience is the science that specifically studies neurons (nerve cells). Meanwhile, learning neuroscience is the science of the relationship between the nervous system and learning and behavior. It can be seen that the brain is divided into four, namely: first, Cerebrum or big brain, Cerebrum is the largest part of the human brain which is also called the Cerebral Cortex, Forebrain or Forebrain. The cerebrum is the part of the brain that distinguishes humans from animals. The cerebrum makes humans have the ability to think, analyze, logic, language, awareness, planning, memory and visual abilities, which the ability to think is an important aspect of student learning not only at school, but in personal life.*

**Keywords:** Neuroscience, Learning, School.

### **ABSTRAK**

Neurosains adalah ilmu yang khusus mempelajari *neuron* (sel saraf). Sedangkan neurosains pembelajaran adalah ilmu pengetahuan tentang hubungan sistem saraf dengan pembelajaran dan perilaku. Dapat diketahui bahwa otak terbagi menjadi empat yaitu: pertama, Cerebrum atau otak besar, Cerebrum adalah bagian terbesar dari otak manusia yang juga disebut dengan nama Cerebral Cortex, Forebrain atau Otak Depan. Cerebrum merupakan bagian otak yang membedakan manusia dengan binatang. Cerebrum membuat manusia memiliki kemampuan berpikir, analisa, logika, bahasa, kesadaran, perencanaan, memori dan kemampuan visual, yang mana kemampuan berpikir tersebut merupakan aspek yang penting dalam pembelajaran siswa yang bukan hanya di sekolah, tetapi dalam kehidupan pribadi.

**Kata Kunci:** Neuroscience, Belajar, Sekolah.

## PENDAHULUAN

Otak mengendalikan semua fungsi tubuh. Otak merupakan pusat dari keseluruhan tubuh. Jika otak sehat, maka akan mendorong kesehatan tubuh serta menunjang kesehatan mental. Sebaliknya, apabila otak terganggu, maka kesehatan tubuh dan mental bisa ikut terganggu. Seandainya jantung atau paru-paru berhenti bekerja selama beberapa menit, Anda masih bisa bertahan hidup. Namun jika otak berhenti bekerja selama satu detik saja, maka tubuh berarti mati. Itulah mengapa otak disebut sebagai organ yang paling penting dari seluruh organ di tubuh manusia. Selain paling penting, otak juga merupakan organ yang paling rumit. Hal inilah, lebih penting untuk mengetahui lebih mendalam tentang neurosains.

Secara sederhana, neurosains adalah ilmu yang secara khusus mempelajari neuron atau sel saraf, baik susunan saraf pusat (otak dan saraf tulang belakang) maupun saraf tepi yang terdiri dari 31 pasang saraf spinal dan 12 pasang saraf kepala. Umumnya, para neurosaintis memfokuskan pada sel saraf yang ada di otak (Taufik Pasiak, 2006). Salah satu tujuan utama analisis tentang neurosains pada otak dewasa adalah mempelajari lokalisasi fungsi, terutama fungsi kognitif. Lokalisasi ini mengacu pada wilayah-wilayah spesifik otak yang mengontrol perilaku-perilaku yang juga spesifik yang dominan mengarah pada kemampuan individu dalam ranah kognitifnya (Diana S. Mandar, 2011). Dengan demikian, adanya pemahaman tentang bagaimana otak belajar akan mendorong seluruh komponen terkait dalam sistem pendidikan untuk menempatkan diri secara bijaksana.

Hal tersebut merupakan tujuan dari Pendidikan Nasional yang berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Banyak penelitian menemukan bahwa manusia belum maksimal dalam memakai otaknya baik untuk memecahkan masalah maupun menciptakan ide-ide baru. Hal ini tidak lepas dari sistem pendidikan yang berlaku saat ini yang hanya berfokus pada otak luar bagian kiri. Otak ini berperan dalam pemrosesan logika, kata-kata, matematika, dan urutan yang dominan untuk pembelajaran akademis. Otak kanan yang berurusan dengan irama musik, gambar, dan imajinasi kreatif belum mendapat bagian secara proporsional untuk dikembangkan.

Demikian juga dengan sistem limbik sebagai pusat emosi yang belum dilibatkan dalam pembelajaran, padahal pusat emosi ini berhubungan erat dengan sistem penyimpanan memori jangka panjang. Lebih dari itu pemanfaatan seluruh bagian otak secara terpadu belum diaplikasikan dengan efektif dalam sistem pendidikan. Dalam dasawarsa terakhir ini, otak berhasil dieksplorasi secara besar-besaran dan menghasilkan kesimpulan bahwa sungguh otak merupakan pusat berpikir, berkreasi, berperadaban, dan beragama. Sistem pendidikan saat ini cenderung mengarahkan peserta didik untuk hanya menerima satu jawaban dari permasalahan. Jawaban itulah yang kemudian diajarkan oleh pendidik yang kemudian diulangi oleh peserta didik dengan baik pada saat ujian. Secara tak

sadar kita sebagai guru maupun orangtua telah banyak memasung potensi berpikir anak-anak dan menghambat pengembangan otaknya.

Sistem pendidikan berperadaban harus memungkinkan peserta didik untuk menghasilkan suatu ide baru sehingga kombinasi dari ide-ide lama dapat direnovasi dengan ide yang baru. Hal ini, telah terbukti bahwa selain memiliki kemampuan hebat untuk menyimpan informasi, otak juga memiliki kemampuan yang sama hebat untuk menyusun ulang informasi tersebut dengan cara baru, sehingga tercipta ide baru. Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana menerapkan sistem pendidikan yang memungkinkan optimalisasi seluruh otak sehingga penerimaan, pengolahan, penyimpanan dan penggunaan informasi terjadi secara efisien. Sangat inspiratif definisi Pendidikan yang tercantum dalam Sisdiknas yaitu usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa, dan negara.

Dengan demikian, artikel ini membahas dengan singkat tentang neuroscience dengan mengkaji struktur dan fungsi otak, fungsi belahan otak kanan dan otak kiri, pandangan ahli neurologi tentang belajar, sistem sensori dan perkembangan manusia, fungsi belahan otak dan proses belajar dan kajian-kajian mengenai fungsi otak kanan dan kiri ditinjau dari kajian kesehatan spiritual berdasarkan neurosains.

## **METODE PENELITIAN**

Kajian dari penelitian ini menggunakan kajian literatur yang mana literatur yang diambil sesuai dengan pokok pembahasan dan di analisis secara mendalam sehingga dapat diambil kesimpulan dan temuan dalam penelitian. Literatur yang diambil baik dari buku, artikel jurnal baik nasional maupun internasional dan literatur lainnya (Hendriarto et al., 2021); (Nugraha et al., 2021); (Sudarmo et al., 2021); (Hutagaluh et al., 2020); (Aslan, 2017); (Aslan, 2019); (Aslan, 2016); (Aslan et al., 2020).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Neurosains**

Neurosains mengkaji diri manusia sebagai proses yang berlangsung hingga tingkat sel saraf. Berbagai penemuan neurosains sangat berguna tidak hanya dalam bidang kedokteran, seperti pengobatan pada penyakit-penyakit otak (misalnya: parkinson, schizophrenia, autisme, dan lain-lain), tetapi juga dalam bidang manajemen dan bisnis, psikologi, filsafat, dan bidang pendidikan.

Neurosains adalah ilmu yang secara khusus mempelajari neuron (sel saraf). Sel-sel saraf ini yang menyusun sistem saraf, baik susunan saraf pusat (otak dan saraf tulang belakang) maupun saraf tepi (31 pasang saraf spinal dan 12 pasang saraf kepala). Umumnya, para neurosaintis memfokuskan pada sel saraf yang ada di otak. Jika dikaitkan dengan pengungkapan hakikat diri manusia, salah satu ilmu yang mengalami perkembangan sangat pesat adalah neurosains, yang secara harfiah berarti ilmu tentang otak, terutama neurosains kognitif (Taufik Pasiak, 2006).

Neurosains kognitif mempelajari otak manusia hingga tahap molekular. Neurosains kognitif ini merupakan bidang studi yang menghubungkan otak dan aspek-aspek lain sistem syaraf, khususnya otak dengan pemrosesan kognitif, dan akhirnya dengan perilaku (Lusi Nur Ardiani, 2011). Otak merupakan organ dalam tubuh manusia yang mengontrol langsung pikiran, emosi, dan motivasi manusia. Otak bersifat direktif sekaligus reaktif terhadap organ-organ tubuh yang lain. Sementara sistem saraf, merupakan dasar bagi kemampuan manusia untuk memahami, beradaptasi, dan berinteraksi dengan dunia sekitar. Melalui sistem ini, manusia menerima, memroses, dan merespon informasi dari lingkungan. Cognitive Neuroscience ini sebenarnya merupakan penerapan neurosains dalam psikologi kognitif. Studi ini mengkaji otak sekaligus mempelajari mental. Bisa dibilang merupakan cara baru dalam mempelajari psikologi kognitif. Studi ini memetakan wilayah-wilayah spesifik di otak beserta fungsinya, dan mengaitkannya dengan proses kognitif. Hal ini merupakan sebuah bidang akademis yang mempelajari secara ilmiah substrat biologis dibalik kognisi, dengan fokus khusus pada substrat syaraf dari proses mental (Gazzaniga, et.al, 2002).

### **Neuron dan Sistem Saraf**

Sel adalah bagian terkecil dari suatu organisme (Ki Fudyartanta, 2011). Susunan saraf terdiri dari sel-sel saraf. Di dalam sel saraf terdiri dari: (a) sel saraf, dan (b) serabut-serabut saraf. Sel saraf terdiri atas cytoplasma dan nucleus atau inti saraf. Cytoplasma atau pada umumnya disebut protoplasma mempunyai lanjutan pada kedua ujungnya. Fungsi dari lanjutan-lanjutan (ujung-ujung saraf) itu ada yang membawa rangsangan ke sel saraf dan ini disebut sellulifetal. Ada pula ujung-ujung saraf yang membawa rangsang ke luar dari sel disebut sellulifugal. Lanjutan-lanjutan sitoplasma dari suatu sel disebut serabut-serabut saraf. Serabut-serabut saraf yang berfungsi sellulifetal disebut dendrit. Dendrit berasal dari bahasa Yunani dendron yang berarti “pohon” (Agus Dharma, (ed), 1983).

### **Struktur dan fungsi otak**

Otak merupakan bagian dari tubuh yang memiliki fungsi penting dari seluruh proses hidup. Meski hanya memiliki berat 2,5 persen dari berat tubuh, namun otak bertanggung jawab terhadap pengaturan seluruh badan dan pemikiran manusia. Jika otak sehat maka mendorong kesehatan tubuh dan mental akan berjalan prima, sebaliknya jika bagian ini terganggu, maka kesehatan tubuh dan mental akan terganggu pula.

Berdasarkan hasil penelitian otak memiliki bagian-bagian dengan fungsinya masing-masing. Pada dasarnya otak manusia terdiri atas lima bagian yakni Otak Besar, otak tengah, otak belakang, otak kecil dan sum-sum lanjutan. Masing-masing bagian memiliki tugas tertentu yang mempengaruhi kerja tubuh.

### **Otak Besar (Cerebrum)**

Bagian ini merupakan bagian otak terbesar dengan fungsi yang krusial pula. Otak besar atau biasa dikenal dengan cerebrum merupakan secara garis besar dapat dikatakan sebagai pusat syaraf utama karena fungsinya yang sangat penting, seperti yang berkaitan dengan inteligensi, memori, kesadaran dan pertimbangan.

Bagian otak besar terdiri dari dua belahan yakni otak bagian kiri dan kanan. Masing-masing bagian memiliki fungsi kebalikan dimana bagian kiri mengatur fungsi tubuh bagian kanan, sebaliknya otak kanan mengatur fungsi tubuh bagian kiri. Setiap belahan otak tersebut terbagi menjadi empat lobus, yaitu frontal, pariental, okspital, dan temporal.

### **Otak Kecil (Cerebellum)**

Otak Kecil atau Cerebellum terletak di bagian belakang kepala, dekat dengan ujung leher bagian atas. Cerebellum mengontrol banyak fungsi otomatis otak, diantaranya: mengatur sikap atau posisi tubuh, mengontrol keseimbangan, koordinasi otot dan gerakan tubuh (Dale H. Schunk, 2012).

Otak kecil berfungsi sebagai pusat keseimbangan dan kemampuan motorik. Jika bagian ini mengalami gangguan, maka akan menyebabkan gerakan otot tidak lagi terkoordinasi. Selain itu, gangguan pada bagian ini juga bisa menyebabkan vertigo karena kurangnya oksigen yang masuk ke otak. Bagian ini terletak di bawah lobus oksipitalis, dan terletak dibagian atas batang otak.

### **Otak Depan (Diensefalon)**

Diensefalon memproses rangsang sensorik dan membantu memulai atau memodifikasi reaksi tubuh terhadap rangsangan tersebut. Beberapa contoh aktivitas yang melibatkan diensefalon di antaranya adalah mengunyah, melihat, pergerakan mata, ekspresi yang terjadi di wajah (misalnya, tersenyum, cemberut, dan lain-lain), mendengar, bernapas, menelan, mencium (membau), dan keseimbangan tubuh.

### **Otak Tengah ( Mesencephalon )**

Bagian ini terdiri dari :Tektum, yang memiliki syaraf pengatur proses pendengaran dan proses penglihatan. Sementara bagian lain adalah Cerebral Peduncle, yang terlibat dalam system homeostasis dan lintasan refleks.

### **Otak Belakang (Myelencephalon, Metencephalon, Rhombencephalon)**

Otak belakang terdiri dari jembatan varol, sumsum lanjutan dan otak kecil yang membentuk sebuah brainstem atau batang otak. Jembatan varol adalah syaraf yang menghubungkan lobus kiri dan kanan otak kecil serta menghubungkan otak kecil dan otak besar. Sumsum lanjutan otak kecil memiliki fungsi yang lumayan signifikan, yaitu mengontrol saluran pernafasan, mengatur laju denyut jantung, pusat refleks fisiologi, tekanan udara, suhu tubuh dan lain- lain (<http://www.infoyunik.com/2015>).

### **Fungsi Belahan Otak Kanan Dan Otak Kiri**

Hipotesis lain mengemukakan kaitan antara dua belahan dengan kategori emosi yang berbeda. Menurut Jeffrey Gray (1970), aktivitas belahan otak kiri terutama lobus frontal dan temporalnya berkaitan dengan sistem aktivasi perilaku. Hal tersebut ditandai dengan peningkatan aktivitas (saraf) autonom dari level rendah hingga tinggi dan kecenderungan untuk mendekat (ke orang lain) yang dapat mengindikasi kesenangan atau kemarahan. Peningkatan aktivitas lobus frontal dan temporal belahan otak kanan diasosiasikan dengan sistem inhibisi perilaku yang meningkatkan perhatian dan

pembangkitan, menginhibisi tindakan dan menstimulasi emosi, antara lain rasa takut dan muak (J.W. Kalat, 2010).

Sejak Prof. Roger Sperry, penerima Nobel tahun 1981 melalui penelitian panjangnya bertahun-tahun, mengungkapkan hasil temuannya tentang gelombang otak. Maka paradigma baru muncul dan berkembang. Hipotesisnya telah dibuktikannya sendiri bahwa setiap aktivitas yang berbeda memunculkan gelombang otak yang berbeda pula. Temuan ini sungguh-sungguh mengubah cara pandang tentang potensi dan kreativitas otak manusia. Hal yang mengejutkan, rata-rata otak membagi kegiatannya secara jelas ke dalam kegiatan "otak belahan kiri" (korteks kiri) dan kegiatan otak belahan kanan (korteks kanan). Saat korteks kanan sedang aktif, korteks kiri cenderung tenang atau istirahat, demikian sebaliknya (<http://indonesiaindonesia.com/f/127690-teori-otak-kiri-otak-kanan>)

Kegiatan yang paling mudah diamati tentang pergantian aktivitas otak adalah saat kita berjalan. Kaki kanan digerakkan oleh aktivitas otak belahan kiri, saat kaki kiri bergerak otak belahan kanan mengambil alih. Setiap otak memiliki keterampilan yang khas dalam urutan kerja yang sangat rapi.

Kondisi penuh harapan dari olahan dan kembangan penemuan ini adalah setiap orang memiliki banyak sekali keterampilan intelektual, berpikir, dan kreativitas, yang belum digunakan sepenuhnya. Mengacu pada beberapa definisi bakat terdahulu, jelas bahwa bakat-bakat yang dipenuhi oleh potensi intelektual, keterampilan dan kreativitas masih dapat terus digali dari diri kita.

Hal ini memberikan harapan besar dan makna sangat dalam, yakni kita tidak pernah menduga bahwa ternyata kita bukannya tidak berbakat menggambar atau tidak berbakat matematika. Yang terjadi adalah kita tidak memberi kesempatan pada kedua belahan otak untuk menggali diri dan unjuk maksimal.

Dengan demikian, otak kanan berfungsi dalam perkembangan *emotional quotient* (EQ). Misalnya sosialisasi, komunikasi, interaksi dengan manusia lain serta pengendalian emosi. Pada otak kanan ini pula terletak kemampuan intuitif, kemampuan merasakan, memadukan, dan ekspresi tubuh, seperti menyanyi, menari, dan melukis. Sedangkan otak kiri berfungsi dalam hal-hal yang berhubungan dengan logika, rasio, kemampuan menulis dan membaca, serta merupakan pusat matematika. Bagian otak ini merupakan pengendali *intelligence quotient* (IQ). Daya ingat otak bagian ini juga bersifat jangka pendek (<http://melatihotakkanan.blogspot.co.id>).

### **Pandangan Ahli Neurologi Tentang Belajar**

Optimalisasi otak pada dasarnya adalah menggunakan seluruh bagian otak secara bersama-sama dengan melibatkan sebanyak mungkin indra secara serentak. Penggunaan berbagai media pembelajaran merupakan salah satu usaha membelajarkan seluruh bagian otak, baik otak kiri maupun otak kanan, rasional maupun emosional atau bahkan spiritual. Permainan warna, bentuk, tekstur dan suara sangat dianjurkan. Ciptakan suasana gembira karena akan merangsang keluarnya endorfin dari kelenjar di otak dan selanjutnya mengaktifkan asetilkolin di sinapsis (Wara Kushartanti, tth).

Secara umum ada 10 hukum dasar otak yang relevan dalam bidang pendidikan (Taufik Pasiak, 2007). Hukum-hukum itu antara lain: 1) keunikan, 2) kekhususan, 3)

sinergisitas, 4) hemisferik dan dominasi, 5) verba-grafis, 6) imajinasi dan fakta, 7) plastisitas sel saraf, 8) kerja serempak, 9) simbiosis rasio-emosi-spiritualitas, dan 10) otak laki-laki-otak perempuan. Otak bukan sekedar struktur (benda-organik), tetapi fungsi dan sifat. Karena itu, otak merupakan titik utama pengembangan manusia dalam bidang pendidikan. Tidak saja untuk belajar mengajar tetapi juga bagi pendidikan secara keseluruhan.

Selain itu juga, saat yang tepat untuk memulai pembelajaran, terutama melalui jalur pendidikan formal, dapat dikaitkan dengan proses perkembangan otak. Secara umum, otak mengalami restrukturisasi pada usia dini, usia remaja, dan dewasa. Di bawah ini adalah gambaran perkembangan otak pada tiga fase tersebut, yang dikaitkan dengan kemampuan otak untuk belajar.

### **Perkembangan Otak pada Usia Dini**

Sekalipun pendidikan formal pada usia dini semakin populer, sebenarnya tidak ada bukti meyakinkan di bidang neurosains untuk memulai pendidikan formal lebih awal (Paul Howard-Jones, et.al, 2012). Tiga pendapat menjadi dasar bagi pemikiran ini, namun dengan bukti yang masih sedikit, dengan interpretasi yang berlebihan. Pendapat pertama, bahwa synaptogenesis, pembuat sinapsis yang menghubungkan antar neuron, terbentuk pada tingkat yang lebih tinggi pada anak-anak dibandingkan orang dewasa. Penelitian ini sebenarnya didasarkan pada penelitian primata selain manusia. Rakic (dalam Jones) menyebutkan bahwa proses pembentukan synaptogenesis pada monyet terjadi paling banyak di tiga tahun pertama (Paul Howard-Jones, et.al, 2012). Hal ini menjadikan asumsi bahwa masa kanak-kanak adalah masa yang lebih baik untuk belajar. Bagaimanapun juga, penelitian selanjutnya tentang perkembangan otak membuktikan bahwa perubahan struktur pada otak, termasuk pembentukan synaptogenesis, berlangsung dengan baik hingga masa pubertas, bahkan hingga dewasa.

Pendapat kedua, berkaitan dengan argumen pertama, tentang adanya “jendela emas” perkembangan anak, yang penting untuk pembelajaran berbagai kemampuan dan keterampilan. Bagaimanapun juga, ilmuwan saat ini lebih mempercayai bahwa masa tersebut adalah masa sensitif, yang mana tidak selalu sama dan tidak pasti. Masa tersebut lebih berupa perbedaan halus pada kemampuan otak untuk dapat dibentuk oleh lingkungan. Masa ini lebih terutama melibatkan fungsi visual, motorik, dan memori yang dipelajari secara alami pada lingkungan normal. Jones et.al berpendapat bahwa, sekalipun masa sensitif ini sangat menarik untuk dikaji, belumlah cukup untuk memberi kontribusi pada pendidikan formal (Paul Howard-Jones, et.al, 2012).

Pendapat ketiga, menunjuk pada efek pengkayaan lingkungan kepada pengembangan sinapsis. Bagaimanapun juga, seperti yang disebutkan Diamond et.al dalam Jones, penelitian ini dilakukan pada tikus laboratorium. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa lingkungan seadanya dapat menghambat perkembangan neural, namun, tidak ada bukti bahwa lingkungan yang diperkaya, akan meningkatkan perkembangan neural tersebut.

## **Perkembangan Otak Saat Remaja**

Neurosains menunjukkan bahwa, di saat remaja pun, otak tetap mengalami perkembangan. Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa otak remaja berusia belasan tahun, tidak lebih siap dari otak dewasa untuk mengerjakan berbagai proses. Beberapa proses ini, misalnya, mengarahkan perhatian, merencanakan masa depan, mencegah perilaku tidak pantas, multi tasking, dan tugas-tugas yang membutuhkan keterampilan sosial. Dapat disimpulkan bahwa reorganisasi otak tahap kedua, setelah masa kanak-kanak, terjadi pada masa remaja. Pada masa remaja ini, otak masih dapat dipertajam dan dibentuk. Oleh karenanya, kurikulum yang tepat dalam pendidikan formal dapat membantu pengembangan otak remaja.

## **Perkembangan Otak Saat Dewasa**

Walaupun perubahan tidak lebih radikal seperti yang terjadi pada masa remaja, otak terus berubah dan berkembang pada masa dewasa. Dengan meningkatnya usia, otak menjadi lebih sedikit dapat ditempa, dan neuron mulai hilang dalam tingkat yang lebih besar, walaupun efek pendidikan terhadap hilangnya neuron ini masih belum dapat dijelaskan (Paul Howard-Jones, et.al, 2012). Sekalipun demikian, neuron baru lahir di satu bagian otak: hippocampus, satu bagian di otak yang memegang peranan penting dalam belajar dan mengingat.

Kondisi ini menunjukkan otak sangat fleksibel dan memungkinkan penggunaanya untuk belajar sepanjang hayat, terus beradaptasi terhadap keadaan baru dan pengalaman baru. Penelitian bahkan menunjukkan bahwa pendidikan dapat mempengaruhi struktur otak, termasuk pada orang dewasa. Penelitian Dragansky dan kawan-kawan (dalam Jones) menunjukkan bahwa bagian otak tertentu membesar setelah dilakukan pendidikan dan pelatihan selama tiga bulan. Tiga bulan setelah pelatihan tersebut usai, volume otak kembali menyusut ke asalnya (Paul Howard-Jones, et.al, 2012). Penelitian juga menunjukkan bahwa kemungkinan untuk menderita alzheimers menurun dengan adanya pencapaian pendidikan, atau dengan peningkatan tantangan dalam pekerjaan (Wilson, R.S, tth).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa, otak manusia dapat melakukan pembelajaran sepanjang hayat. Sekalipun pentingnya pendidikan formal yang dimulai di usia dini masih menjadi pertentangan, pendidikan formal hingga usia remaja adalah hal yang penting. Otak juga dapat terus memperbarui neuronnya, sehingga melanjutkan pendidikan hingga usia dewasa, bahkan tua, bukanlah permasalahan. Pembelajaran terus menerus bahkan ditengarai dapat mengurangi terjadinya gangguan otak.

## **Sistem Sensori Dan Perkembangan Manusia**

Sensori adalah stimulus atau rangsang yang datang dari dalam maupun luar tubuh. Stimulus tersebut masuk ke dalam tubuh melalui organ sensori (pancaindera).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi sensori adalah Usia, Medikasi, Lingkungan, Tingkat kenyamanan, Penyakit yang ada sebelumnya, Merokok, Tingkat kebisingan, Intubasi endotrakea (<http://nurulindrawati.blogspot.co.id>).

## Fungsi Belahan Otak Dan Proses Belajar

Prinsip utama yang melatar belakangi terlaksananya pembelajaran berbasis otak menurut Caine dan Caine menjelaskan 12 prinsip pembelajaran secara alami (<http://www.slideshare.net/larasratih>). Prinsip ini menjadi dasar bagi brain-based learning yang banyak berkembang kini.

Kedua belas prinsip tersebut adalah;

1. Otak merupakan processor parallel. Pikiran, perasaan, sifat bawaan, dan emosi saling berhubungan satu sama lain dan berinteraksi dengan berbagai macam model informasi yang diterima otak.
2. Belajar melibatkan seluruh fisiologi tubuh. Hal ini berarti bahwa kesehatan fisik seseorang, seperti jumlah waktu tidur, nutrisi yang dikonsumsi, kondisi lelah, mempengaruhi otak.
3. Pencarian makna dilakukan secara innate. Kita secara alamiah terprogram untuk mencari makna dalam segala hal. Kebutuhan otak untuk selalu mencari makna juga beberapa hal familiar yang akan terdaftar secara otomatis saat melakukan pencarian dan merespon makna secara terus-menerus untuk menambah stimulus. Kelengkapan pembelajaran harus dibuat untuk memuaskan semangat siswa untuk membuat karangan baru, penemuan terbaru, juga untuk meraih kesempatan baru. Di saat yang sama, tugas-tugas yang diberikan pun harus bermakna dan semenarik mungkin, juga menawarkan banyak pilihan pada siswanya. Dalam pendidikan, satu hal yang diizinkan bagi siswa adalah ketika siswa diberikan banyak pengalaman belajar, lalu mereka diberikan waktu untuk merasakan pengalaman yang mereka lakukan. Mereka berhak diberikan kesempatan untuk menanggapi segala sesuatunya, untuk melihat keterkaitan yang satu dengan yang lain.
4. Pencarian makna terjadi dengan "berpola." Berpola disini lebih dimaksudkan pada pengorganisasian dan pengkategorian dari informasi. Otak menolak pola mengagumkan dari sesuatu yang tanpa makna. Saat kemampuan alamiah otak mengintegrasikan informasi lalu diingatkan dalam pembelajaran, aktivitas dan informasi yang terjadi secara acak dapat ditampilkan dan diasimilasi. Otak mencoba untuk membuat pengertian dari informasi dengan mengurangi kata-kata acak yang tidak berhubungan dengan suatu pola yang lebih familiar.
5. Emosi merupakan salah satu bagian penting dalam pembentukan pola. Dalam otak, kita tidak bisa memisahkan emosi dengan kemampuan otak dalam berpikir secara kognitif, karena kedua hal tersebut merupakan faktor yang saling berhubungan. Emosi merupakan sesuatu hal yang membuat kita lebih bersemangat untuk belajar, untuk membuat sesuatu.
6. Setiap otak, secara simultan mengamati dan membangun suatu informasi mulai dari bagian-bagian terkecil, hingga keseluruhan bagian. Dalam pembelajaran, penting untuk melibatkan kedua belahan hemisfer pada otak secara bersamaan.
7. Belajar melibatkan perhatian yang dipusatkan dan persepsi sekitar. Setiap anak belajar dari segala hal. Oleh karena itu, keadaan sekeliling menjadi sangat penting. Jika mereka mempelajari sesuatu di dalam kelas dan tidak pernah menggunakannya di luar kelas, lalu

proses belajar yang mereka lakukan, setiap hubungan yang terjalin dalam otak mereka, akan berhenti di kondisi tersebut.

8. Belajar selalu melibatkan proses yang terjadi secara langsung dan tidak langsung. Kita belajar lebih banyak dari segala sesuatu yang secara langsung dapat kita pahami. Banyak komponen-komponen belajar yang diterima dari lingkungan sekeliling kita dan langsung masuk ke dalam otak kita tanpa kita sadari dan langsung berinteraksi dengan level proses belajar secara tidak langsung. Proses pembelajaran yang aktif mengizinkan siswa untuk meninjau bagaimana dan hal apa saja yang telah mereka serap, jadi mereka dapat memulai untuk memberi petunjuk mengenai pembelajaran yang mereka lakukan dan perkembangan tentang hal-hal apa saja yang telah mereka pahami.
9. Kita memiliki paling sedikit dua tipe memori sistem memori spatial dan satu pasang sistem untuk pembelajaran hafalan. Sistem memori spatial/ sistem autobiografi tidak membutuhkan latihan dan izin untuk melakukan percobaan dari memory instan. Pada tingkatan dari sistem memori, segala sesuatu dipelajari dengan cara dihafal. Kita mengingat segala informasi, tetapi bukan berarti kita dapat menggunakan segala informasi yang kita terima. Saat kita melakukan percobaan baru yang menstimulus otak siswa untuk mencari makna dari pembelajaran yang sedang dilakukan, maka akan tumbuh hubungan baru pada sel-sel otak. Pada proses belajar berarti informasi-informasi yang didapat saling berhubungan dan dihubungkan dengan si pembelajar. Saat belajar, informasi-informasi yang diterima perlu diulang dan lebih mudah jika kita mulai dari gambaran keseluruhan lalu menyusun bagian-bagian kecil konsep agar seluruh bagiannya dapat dipelajari dengan baik.
10. Otak mengerti dan mengingat dengan sangat baik saat fakta/kenyataan ditanamkan pada sistem memory spatial. Solusinya adalah menanam tingkatan pembelajaran dengan menempatkan si pembelajar pada lingkungan belajar seperti dunia sungguhan/ nyata, meminimalkan ancaman, dan memberikan banyak kesempatan.
11. Dalam proses pembelajaran, perlu diperbanyak kesempatan dan dilarang adanya ancaman. Belajar akan terjadi secara optimum, saat otak dikondisikan pada keadaan "waspada yang rileks." Selain itu, ritme/pola hidup kita juga ikut berpengaruh pada cara belajar yang kita lakukan.
12. Setiap otak itu unik. Hal ini terlihat dari gaya belajar dan cara seseorang menyimpan informasi dalam sebuah pola. Setiap individu mungkin saja memiliki banyak kesamaan, tapi sebenarnya mereka sungguh berbeda.

Selain prinsip yang diajukan oleh Caine dan Caine di atas, riset menunjukkan bahwa otak mengembangkan lima sistem pembelajaran. Given menjelaskan kelima kerangka ini (Barbara K. Given, 2007); Sistem Pembelajaran emosional, Sistem Pembelajaran Sosial, Sistem Pembelajaran Kognitif, Sistem Pembelajaran Fisik, Sistem Pembelajaran Reflektif.

### **Kajian-Kajian Mengenai Fungsi Otak Kanan Dan Kiri**

Penelitian terhadap belahan otak kanan dan kiri menimbulkan spekulasi tentang peran dari asimetri sebral dalam kehidupan sehari-hari. Sperry mendeskripsikan beberapa spekulasi ini: "Dikatakan bahwa perbedaan ini jelas menunjukkan dualisme tradisional dari

intelek versus intuisi, sains versus seni, daa logika versus misteri. Juga dikatakan bahwa pengacara dan artis menggunakan belahan otak yang berbeda dalam kerja mereka dan perbedaan ini ditunjukkan dalam aktivitas yang tidak terkait dengan pekerjaan mereka. Yang lainnya memperluas gagasan ini dan mengklaim bahwa semua orang bisa diklasifikasikan sebagai orang yang menggunakan belahan otakkanan atau belahan otak kiri, tergantung pada belahan mana yang memandu sebagian besar dari perilaku individu.” (<http://makalahpendidikanislamis@mail.blogspot.co.id>)

Bogen salah satu rekan Sperry menunjukkan bahwa perbedaan cara memproses pemikiran ini merefleksikan dua jenis kecerdasan belahan otak. Terdapat dikotomi dalam otak kiri dan kanan. Berikut hasil dikotomi otak kiri dan kanan dalam memproses informasi.

Otak Kiri	Otak Kanan
Intelek	Intuisi
Konvergen	Divergen
Realistik	Impulsive
Intelektual	Perasa
Diskret	Kontinu
Terarah	Bebas
Rasional	Intuitif
Historis	Nir-waktu
Analitis	Holistic
Suksestif	Simultan
Objektif	Subjektif
atomistik	Umum

Perlu diketahui juga bahwasannya setiap orang memiliki dominan otak yang berbeda-beda. Dan dari perbedaan itu bisa dilatih untuk menyeimbangkan antara kedua fungsi otak tersebut. Karena suatu ketidak seimbangan itu tidak baik, karena pasti nanti adanya kesenjangan terhadap salah satu belahan otak. Pasalnya setiap otak berfungsi sesuai dengan tugasnya masing-masing, tidak akan tertukar dan pastinya kedua belahan otak tersebut saling berhubungan erat, karena setiap belahan tetap bertukar informasi dan yang nantinya akan menjadi reflek dalam setiap gerakan manusia.

### **Kesehatan Spiritual Berdasarkan Neurosains**

Rasio dan emosi menjadi penopang utama spiritualitas manusia. Jika rasio dan emosi memberikan kepada manusia keunggulan yang bersifat teknik dan diperlukan untuk mengarungi kehidupan dunia, maka spiritualitas memerlukan makna bagi tindakan-tindakan manusia. Spiritualitas yang baik biasanya tampak dari rasio dan emosi yang baik. Otak menyediakan piranti emosi bagi manusia untuk melakukan tindakan yang mengarah pada pemerolehan makna hidup, yaitu 1) kesadaran diri, 2) manajemen suasana hati, 3) motivasi diri, 4) empati, dan 5) manajemen relasi sosial. Untuk dapat melakukan lima hal ini, rasio, emosi dan spiritualitas bekerja keras secara simbiosis mutualistik. Ini adalah kunci-kunci sukses kehidupan (Taufik Pasiak, 2007).

Dalam rentang waktu 7 tahun terdapat perubahan pemikiran dalam mendefenisikan kesehatan, yakni dengan memasukkan aspek spiritual sebagai bagian dari defenisi sehat. Dengan demikian, jika dipenggal, maka akan ada 1) sehat fisik, 2) sehat mental, 3) sehat spiritual dan 4) sehat sosial.

Menurut Taufiq Pasiak (2012) istilah kesehatan otak atau otak sehat (Healthy Brain) bukan merupakan istilah yang baru. Dalam pelbagai buku, artikel baik ilmiah maupun popular, brosur-brosur rumah sakit, dan pelbagai publikasi lainnya, istilah ‘kesehatan otak’ sudah begitu sering dipakai. Menurut Taufiq Pasiak, otak memiliki makna yang sama dengan istilah ‘otak normal’ (Normal Brain). Sehingga otak sehat adalah otak normal. Istilah ‘otak sehat’ dan ‘otak normal’ dapat menjadi salah satu cara untuk membawa spiritualitas ke dalam dunia kesehatan.

Menggunakan istilah ‘otak’ menjadi menarik karena 3 alasan berikut: pertama, otak merupakan bagian tubuh yang memainkan peranan sangat penting melebihi bagian-bagian tubuh lainnya. Otak merupakan organ tubuh dimana interaksi ‘jiwa’ dan ‘badan’ (Mindbody interaction) terjadi. Riset-riset otak dalam bidang ilmu bernama neurosains menunjukkan perkembangan yang bernilai tinggi. Satu diantaranya adalah kajian-kajian peranan otak dalam kehidupan spiritual manusia, baik oleh bidang neurologi, neurosains maupun psikiatri. Istilah ‘otak sehat’ dengan demikian memiliki makna yang berbeda dengan istilah ‘otak normal’. Otak sehat lebih dari sekadar otak normal. Untuk mendapatkan otak sehat tidak hanya dengan memelihara kenormalan struktur dan fungsi otak agar berlangsung menurut apa yang kita sebut normal. Otak sehat menghendaki fungsi yang lebih tinggi dari otak normal. Fungsi itu antara lain berkaitan dengan spiritualitas. Sejumlah studi menunjukkan bahwa orang yang berotak normal belum tentu memiliki otak yang sehat. Para kriminalis, koruptor, dan sejumlah pelaku kejahatan memiliki otak normal. Ini dibuktikan dengan hasil pemeriksaan otak mereka dengan alat-alat canggih yang tak menunjukkan kelainan apapun. Sehingga si pemeriksa meloloskan mereka sebagai ‘orang normal’.

Kesehatan Spiritual dilihat dari dua hal yang paling penting berkaitan dengan istilah ‘kesehatan spiritual’ yaitu merumuskan; 1) aspek paradigmatis, dan 2) aspek pragmatik. Aspek paradigmatis berkaitan dengan dasar-dasar filosofi yang mendasarinya, yang berfungsi sebagai rujukan dan semacam kompas dalam membuat implementasinya. Aspek pragmatik berkaitan dengan implementasi dalam dunia kesehatan. Implementasi ini meliputi pelbagai aspek kesehatan, baik dasar maupun klinis. Asesmen spiritual dan rekam medis spiritual adalah contoh 2 penerapan praktis dari kesehatan spiritual. Yang lain, misalnya, soal terapi dan diagnostik, promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif. Ini aspek-aspek yang perlu mendapat perhatian jelas.

Implementasi ISHA yang dibuat oleh CNET UIN Jogjakarta merupakan salah satu implementasi praktis dalam kaitan dengan pemeriksaan kesehatan. Selama ini pemeriksaan kesehatan, misalnya untuk kepentingan fit and proper test atau untuk seleksi caleg dan pejabat Negara, sering dipakai pemeriksaan MMPI (psikiatri), neurobehavior (neurolog), pemeriksaan lain (kulit, kebidanan, penyakit dalam, dll) dan pemeriksaan psikologi oleh psikolog. Terbukti, pemeriksaan-pemeriksaan ini tidak bias memetakan secara sepenuhnya yang mau diperiksa dari manusia yang utuh. Akibatnya, sejumlah orang yang lolos dengan

tes-tes ini terbukti menjadi pelaku tindak kejahatan seperti korupsi. Pemeriksaan selain memiliki aspek pemetaan juga memiliki aspek prediktif. Dengan memeriksa seseorang tentu diharapkan agar si pemeriksa bias memetakan kondisi terperiksa, dan sekaligus memprediksi kemungkinan-kemungkinan logis berdasarkan pemetaan tersebut. Soal ini harus menjadi perhatian Kementerian Kesehatan, IDI dan para pemangku kepentingan lain. Implementasi lain berupa rekam medis spiritual. Selama ini rekam medis di rumah sakit terbatas soal agama penderita. Dalam status rekam medis terdapat kolom agama yang tak bernilai medis sama sekali, selain identifikasi belaka. Perumusan lebih rinci rekam medis ini akan membantu menangani pasien secara utuh. Sejumlah riset juga membuktikan bahwa spiritualitas memiliki efek terapeutik. Perilaku sehat, dukungan sosial dan kesehatan mental merupakan 3 jalur utama kehidupan spiritual memengaruhi kesehatan. Mengoptimalkan kehidupan spiritual dapat membantu pelayanan kesehatan baik preventif, kuratif, promotif dan rehabilitatif. Implementasi praktis lain dari kesehatan spiritual berkaitan dengan tenaga kesehatan. Kurikulum pendidikan dokter dan tenaga para medis belum mengintegrasikan spiritualitas. Jika diperhatikan kurikulum pendidikan tampak jelas bahwa dimensi ini kurang mendapat perhatian. Karena itu diperlukan integrasi spiritualitas ke dalam kurikulum pendidikan. Integrasi dapat dilakukan dengan pelbagai cara, antara lain, dengan memasukkan kesehatan spiritual sebagai salah satu modul pengajaran, atau dengan melibatkan peserta didik dalam kegiatan-kegiatan kesehatan spiritual (Misalnya, di Amerika, residen psikiatri diwajibkan stase di pastoral care).

## KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas maka dapat disimpulkan neurosains adalah ilmu yang khusus mempelajari *neuron* (sel saraf). Sedangkan neurosains pembelajaran adalah ilmu pengetahuan tentang hubungan sistem saraf dengan pembelajaran dan perilaku. Dapat diketahui bahwa otak terbagi menjadi empat yaitu: pertama, Cerebrum atau otak besar, Cerebrum adalah bagian terbesar dari otak manusia yang juga disebut dengan nama Cerebral Cortex, Forebrain atau Otak Depan. Cerebrum merupakan bagian otak yang membedakan manusia dengan binatang. Cerebrum membuat manusia memiliki kemampuan berpikir, analisa, logika, bahasa, kesadaran, perencanaan, memori dan kemampuan visual. Kedua, Otak Kecil atau Cerebellum terletak di bagian belakang kepala, dekat dengan ujung leher bagian atas. Cerebellum mengontrol banyak fungsi otomatis otak, diantaranya: mengatur sikap atau posisi tubuh, mengontrol keseimbangan, koordinasi otot dan gerakan tubuh. Ketiga, Brainstem (Batang Otak), Batang otak (*brainstem*) berada di dalam tulang tengkorak atau rongga kepala bagian dasar dan memanjang sampai ke tulang punggung atau sumsum tulang belakang. Bagian otak ini mengatur fungsi dasar manusia termasuk pernapasan, denyut jantung, mengatur suhu tubuh, mengatur proses pencernaan, dan merupakan sumber insting dasar manusia yaitu *fight or flight* (lawan atau lari) saat datangnya bahaya. Keempat, Sistem limbik berfungsi menghasilkan perasaan, mengatur produksi hormon, memelihara homeostasis, rasa haus, rasa lapar, dorongan seks, pusat rasa senang, metabolisme dan juga memori jangka panjang.

Selain itu juga, bahwa kesehatan dalam aspek spiritual sebagai bagian dari defenisi sehat, yaitu sehat fisik, sehat mental, sehat spiritual dan sehat sosial, yang selalu berkaitan dengan kehidupan manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Dharma, (ed), *Pengantar Psikologi Edisi Kedelapan Edisi I*, (Jakarta: Erlangga, 1983).
- Aslan. (2017). Kurikulum Bagi Anak Berkebutuhan Khusus (ABK). *Jurnal Studia Insania*, 5(2), 105–119. <https://doi.org/10.18592/jsi.v5i2.1358>
- Aslan, A. (2016). Kurikulum Pendidikan Vs Kurikulum Sinetron. *Khaṣanah: Jurnal Studi Islam Dan Humaniora*, 14(2), 135–148.
- Aslan, A. (2019). *HIDDEN CURRICULUM*. Pena Indis.
- Aslan, Hifza, Syakhrani, A. W., Syafruddin, R., & Putri, H. (2020). CURRICULUM AS CULTURAL ACCULTURATION. *Sanhet: (Jurnal Sejarah, Pendidikan, Dan Humaniora)*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.36526/sanhet.v4i1.860>
- Barbara K. Given, *Brain-Based Teaching: Merancang Kegiatan Belajar-Mengajar yang Melibatkan Otak Emosional, Sosial, Kognitif, Kinestetis, dan Reflektif*, cet. 2, Penj. Lala Herawati Dharma, (Bandung: Mizan Pustaka, 2007).
- Dale H. Schunk, *Learning Theories An Educational Perspektif*, terj. Eva Hamidah dan Rahmat Fajar, Cet. I, (Bandung: Remaja Rosdakarya, 2012).
- Diana S. Mandar, “*Peranan Cognitive Neuroscience dalam Bidang Pendidikan*”, Prosiding SnaPP2011 Sains, Teknologi, dan Kesehatan, Vol 2 No 1 tahun 2011.
- Gazzaniga, et.al, *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*, (New York: Norton, 2002).
- Hendriarto, P., Mursidi, A., Kalbuana, N., Aini, N., & Aslan, A. (2021). Understanding the Implications of Research Skills Development Framework for Indonesian Academic Outcomes Improvement. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.25217/ji.v6i2.1405>
- Hutagaluh, O., Aslan, Putra, P., Syakhrani, A. W., & Mulyono, S. (2020). SITUATIONAL LEADERSHIP ON ISLAMIC EDUCATION. *IJGIE: International Journal of Graduate of Islamic Education*, 1(1), Article 1.
- Nugraha, M. S., Liow, R., & Evly, F. (2021). The Identification of Online Strategy Learning Results While Students Learn from Home During the Disruption of the COVID-19 Pandemic in Indonesia. *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, 27(2), 1950–1956.
- Sudarmo, S., Arifin, A., Pattiasina, P. J., Wirawan, V., & Aslan, A. (2021). The Future of Instruction Media in Indonesian Education: Systematic Review. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i2.542>
- J.W. Kalat, *Biopsikologi*, (Jakarta: Salemba Humanika, 2010).
- Ki Fudyartanta, *Psikologi Umum*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2011).
- Lusi Nur Ardhiiani, *Psikologi Kognitif*, (Jakarta: Pusat Pengembangan Bahan Ajar Universitas Mercubuana, 2011).
- Paul Howard-Jones, et.al, *Neuroscience and Education: Research and Opportunities*, (London: TLRP & ESRC, 2012).
- Taufik Pasiak, *Brain Management for self improvement*, (Bandung: PT Mizan Pustaka, 2007).
- Taufik Pasiak, *Manajemen Kecerdasan: Memberdayakan IQ, EQ, dan SQ untuk Kesuksesan Hidup*, (Bandung: Mizan, 2006).

- Taufiq Pasiak. *Tuhan dalam otak manusia. Kesehatan spiritual dalam perspektif neurosains*, (Bandung: Mizan, 2012).
- Wara Kushartanti, *Neurosains dalam Pembelajaran di TK*, dalam file pdf.
- Wilson, R.S., "Mental Challange in the Workplace and Risk of Dementia in Old Age: Is There a Connection?", Occupational and Environmental Medicine vol 62.
- <http://indonesiaindonesia.com/f/127690-teori-otak-kiri-otak-kanan/>
- <http://makalahpendidikanislamismail.blogspot.co.id/2015/06/teori-neurofisiologis-roger-w-sperry.html>
- <http://melatihotakkanan.blogspot.co.id/2012/07/fungsi-belahan-pada-otak-kanan-dan-otak.html>
- <http://nurulindrawati.blogspot.co.id/p/proses-sensorik-pada-manusia.html>
- <http://www.infoyunik.com/2015/04/iniyah-5-bagian-bagian-otak-dan.html>
- <http://www.slideshare.net/larasratih/cognitive-neuroscience-dan-implementasinya-dalam-pembelajaran>