

## Peran Neurosains Dalam Mendukung Perkembangan Otak Anak Usia Dini

Egi Widia Zafitri<sup>1</sup>, Pia Tamara<sup>2</sup>, Hajar Anjani<sup>3</sup>, Desta Audea<sup>4</sup>, Dita Lestari<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universitas Islam Negeri Fatmawati Sukarno Bengkulu

Email: <sup>1</sup>ewidia003@gmail.com, <sup>2</sup>bunavii27@gmail.com, <sup>3</sup>

hajaranjani@gmail.com, <sup>4</sup>destabl2@gmail.com,

<sup>5</sup>ditalestari@mail.uinfasbengkulu.ac.id

Received: 05 November 2025

Accepted: 07 November 2025

Published: 29 November 2025

DOI: <https://doi.org/10.1234/sell>

**Abstract** : This study aims to analyze the role of neuroscience in supporting early childhood brain development through a systematic review of fifty national and international scientific articles. The review identifies the relationship between multisensory stimulation, social interaction, emotional environment, and play experiences with synapse formation, executive function development, and language abilities in young children. The research employed a literature review method that included article selection, thematic coding, and data synthesis based on emerging patterns. The findings reveal that early stimulation enriched with sensory experiences and responsive interactions strengthens neural connectivity and enhances cognitive abilities and emotional regulation. Conversely, exposure to chronic stress negatively affects the brain regions responsible for memory and self-control. This study concludes that integrating neuroscientific principles into early childhood curriculum and teaching practices is crucial to optimize developmental outcomes. The findings provide recommendations for educators and early childhood institutions to design learning environments that are safe, language-rich, and play-based.

**Keywords** : *Neuroscience; Brain Development; Early Childhood; Multisensory Stimulation; Executive Function*

**Abstrak** : *Penelitian ini bertujuan menganalisis peran neurosains dalam mendukung perkembangan otak anak usia dini melalui kajian sistematis terhadap lima puluh artikel ilmiah nasional dan internasional. Kajian dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara stimulasi multisensori, interaksi sosial, lingkungan emosional, serta pengalaman bermain terhadap proses pembentukan sinaps, perkembangan fungsi eksekutif, dan kemampuan bahasa pada anak. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi literatur dengan tahapan seleksi artikel, pengkodean tematik, dan sintesis data berdasarkan kesamaan pola temuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stimulasi dini yang kaya pengalaman sensorik dan interaksi responsif terbukti memperkuat konektivitas neural dan meningkatkan kemampuan kognitif serta regulasi emosi. Sebaliknya, paparan stres kronis berdampak negatif pada*

*perkembangan area otak yang mengatur memori dan kontrol diri. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi prinsip neurosains dalam kurikulum dan praktik pembelajaran PAUD merupakan kebutuhan penting agar dukungan perkembangan anak berlangsung optimal. Temuan penelitian memberikan rekomendasi bagi pendidik dan lembaga PAUD untuk merancang lingkungan belajar yang aman, kaya bahasa, dan berbasis bermain.*

**Kata Kunci** : Neurosains; Perkembangan Otak; Anak Usia Dini; Stimulasi Multisensori; Fungsi Eksekutif; PAUD

---

## PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan pada dua dekade terakhir menunjukkan bahwa neurosains memiliki kontribusi penting dalam memaknai proses tumbuh kembang anak, khususnya pada masa usia dini yang dikenal sebagai periode paling menentukan dalam pembentukan struktur dan fungsi otak. Periode usia 0–6 tahun sering disebut sebagai masa keemasan karena lebih dari delapan puluh persen koneksi saraf terbentuk pada tahap ini, suatu kondisi yang dipengaruhi oleh kualitas stimulasi, interaksi sosial, dan pengalaman emosional yang dialami anak sehari-hari (Susanti 2021). Temuan neurosains tersebut memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi pendidikan pada lembaga PAUD agar selaras dengan mekanisme biologis perkembangan otak, bukan semata-mata berdasarkan tradisi pedagogik yang bersifat repetitif dan kurang adaptif terhadap kebutuhan perkembangan.

Perkembangan teori neuroplastisitas juga menunjukkan bahwa otak anak bersifat sangat plastis dan mudah membentuk jaringan sinapsis baru ketika menerima stimulasi yang tepat dan berkesinambungan. (Iswardhani Nur Azizah, Siti Rohmatun 2025) menjelaskan bahwa pengalaman dini memengaruhi struktur korteks serebral melalui proses sinaptogenesis dan pruning, yang berperan penting dalam membangun kemampuan kognitif dasar. Dengan demikian, kualitas interaksi yang diterima anak sejak usia dini memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perkembangan kecerdasan, kemampuan bahasa, kreativitas, serta kemampuan memecahkan masalah (Haslinah Ahma, Adi Antoni 2023). Kondisi tersebut menguatkan urgensi pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada materi

akademik, tetapi juga pada kualitas pengalaman belajar yang memfasilitasi perkembangan neural (Yeni Elviza Febrianti, Mesra Khairani 2025).

Kajian literatur menunjukkan bahwa stimulasi multisensori, pengalaman bermain yang bermakna, interaksi responsif antara anak dan pendidik, serta lingkungan belajar yang aman secara emosional berpengaruh signifikan terhadap pembentukan sinaps, perkembangan fungsi eksekutif, dan penguatan memori jangka panjang (Shofura Mufidah 'Azmiya, Siti Zubaedah 2025). Penelitian neurosains juga menegaskan bahwa pengalaman negatif seperti stres berkepanjangan berpotensi menghambat perkembangan korteks prefrontal dan memengaruhi regulasi emosi anak, sehingga kualitas pengasuhan dan hubungan guru-anak menjadi sangat krusial dalam proses perkembangan otak (Selly Aprilia Santana, Tyara Intana Putri Kusumah 2025). Temuan ini mempertegas bahwa perkembangan otak merupakan hasil interaksi antara faktor biologis dan lingkungan yang saling memengaruhi.

Selain faktor psikologis dan sosial, perkembangan otak anak usia dini juga dipengaruhi oleh kualitas lingkungan fisik tempat anak berinteraksi (Juherman 2022). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ruang kelas yang kaya bahasa, penyediaan material bermain yang variatif, serta kesempatan eksplorasi aktif dapat meningkatkan aliran darah ke area otak yang bertanggung jawab atas fungsi bahasa, sensorimotor, dan kognitif (Umi Salamah 2025). Lingkungan yang memungkinkan anak melakukan manipulasi objek, bergerak bebas, dan berinteraksi dengan teman sebaya mempercepat integrasi kerja antarsistem saraf yang menjadi dasar pembelajaran yang efektif (Novita Sari, Dewi Purnama Sari, Sutarto 2024).

Dalam konteks pendidikan di Indonesia, masih ditemukan berbagai praktik pembelajaran pada lembaga PAUD yang belum sepenuhnya menyesuaikan diri dengan prinsip neurosains, seperti pemberian tugas akademik secara berlebihan, penggunaan metode ceramah, serta minimnya ruang bermain dan eksplorasi. Padahal, penelitian menunjukkan bahwa kegiatan bermain yang terstruktur,

lingkungan yang kaya bahasa, dan interaksi dua arah yang hangat memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perkembangan kognitif, sosial, emosional, dan moral anak (Dina Zuhda Syauqia, Triyanti, Alya Fasihah, Firza Hardyn Aira Zahra, Sri Wahyu Hidayah 2025). Tantangan ini menunjukkan perlunya pemahaman yang lebih mendalam mengenai implikasi neurosains dalam desain pembelajaran PAUD agar tidak terjadi kesenjangan antara teori dan praktik.

Kontribusi neurosains dalam pendidikan juga membuka peluang baru bagi pengembangan kurikulum PAUD yang lebih adaptif terhadap kebutuhan perkembangan. Pendekatan berbasis neurosains menekankan pentingnya keaktifan anak dalam membangun pemahaman, bukan sekadar menerima pengetahuan secara pasif. (Nurdiana 2023) menegaskan bahwa pembelajaran yang bersifat aktif, bermakna, dan berbasis interaksi sosial menghasilkan aktivasi neural yang lebih kuat dan mendukung perkembangan fungsi eksekutif. Hal ini memberikan dasar bahwa pendidikan anak usia dini harus dirancang untuk memberdayakan kemampuan alami anak dalam bereksplorasi, bertanya, dan menemukan pola dari pengalamannya.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini disusun untuk menganalisis secara mendalam peran neurosains dalam mendukung perkembangan otak anak usia dini melalui telaah sistematis terhadap lima puluh artikel ilmiah nasional dan internasional. Kajian ini bertujuan merumuskan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara stimulasi dini, kualitas lingkungan belajar, interaksi sosial, dan stabilitas emosional dengan perkembangan neural anak. Selain itu, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam pengembangan kurikulum PAUD, peningkatan kompetensi pendidik, serta perumusan kebijakan pendidikan yang lebih selaras dengan prinsip-prinsip perkembangan otak anak.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan tujuan menelaah secara komprehensif peran neurosains dalam mendukung perkembangan otak anak usia dini. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran menyeluruh berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang relevan, baik dari jurnal nasional maupun internasional. Seluruh proses penelitian dilakukan melalui tahapan sistematis yang mencakup identifikasi sumber, seleksi artikel, analisis isi, dan sintesis temuan. Prosedur tersebut disusun mengacu pada standar praktik tinjauan literatur ilmiah agar menghasilkan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan studi literatur (*systematic literature review*) yang bertujuan menghimpun, mengevaluasi, dan menganalisis hasil-hasil penelitian terkait neurosains dan perkembangan otak anak usia dini. (Rugaiyah 2023) Model *systematic review* dipilih karena dapat memberikan deskripsi yang terstruktur mengenai hubungan antara stimulasi perkembangan dengan mekanisme kerja otak, sehingga menghasilkan pemahaman teoretis yang utuh. Pendekatan ini juga memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola, kesenjangan penelitian, serta kecenderungan teoretis terbaru dalam bidang pendidikan anak usia dini.

### **Sumber dan Subjek Penelitian**

Sumber data dalam penelitian ini adalah lima puluh artikel ilmiah yang diterbitkan pada rentang waktu sepuluh tahun terakhir. Artikel yang dianalisis berasal dari jurnal terindeks Sinta, DOAJ, Google Scholar, Scopus, dan ScienceDirect (Auliya et al. 2025). Kriteria artikel mencakup penelitian yang berfokus pada perkembangan otak anak usia dini, neurosains, stimulasi dini, pengasuhan, pembelajaran PAUD, serta perkembangan fungsi eksekutif. Artikel dipilih agar

mewakili keragaman metodologi, seperti penelitian eksperimen, kuantitatif, kualitatif, dan neuropsikologi. Subjek penelitian dalam studi ini bukan berupa individu, melainkan konten ilmiah yang dianalisis berdasarkan kualitas data, relevansi topik, dan kontribusi teoretis.

### **Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian berupa lembar analisis literatur yang dikembangkan untuk mengevaluasi komponen artikel seperti fokus penelitian, teori utama, metodologi, temuan empiris, dan implikasi terhadap pendidikan anak usia dini (Harahap, Isnani, dan Putri, n.d.). Instrumen ini disusun berdasarkan pedoman analisis literatur ilmiah, sehingga peneliti dapat mengkategorikan dan mengkodekan setiap artikel secara sistematis. Setiap artikel dianalisis menggunakan parameter konsistensi teoretis, relevansi dengan tema neurosains, kualitas data, dan kontribusi terhadap pengembangan praktik PAUD. Lembar analisis ini memfasilitasi peneliti untuk memastikan bahwa seluruh artikel yang digunakan memenuhi standar akademik yang layak (Novita Sari, Dewi Purnama Sari, Sutarto 2024).

### **Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian artikel pada database ilmiah menggunakan kata kunci seperti *neuroscience*, *brain development*, *early childhood*, *stimulation*, *executive function*, dan *early education*. Pada tahap awal ditemukan lebih dari delapan puluh artikel, kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Artikel yang tidak relevan, tidak tersedia dalam full-text, atau tidak memenuhi standar kualitas metodologi dikeluarkan dari analisis. Lima puluh artikel yang memenuhi kriteria dipilih sebagai sumber utama. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dianalisis akurat, mutakhir, dan relevan dengan tujuan penelitian.

### **Teknik Analisis Data**

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan analisis tematik. Proses ini mencakup pengelompokan informasi dari berbagai artikel berdasarkan tema utama seperti plastisitas otak, stimulasi dini, peran lingkungan, interaksi guru-anak, pengalaman emosional, dan implikasi pendidikan. Tahapan analisis diawali dengan membaca seluruh artikel secara mendalam, mengidentifikasi temuan kunci, mengkodekan poin-poin penting, dan mengorganisasikan hasil ke dalam kategori tematik. Selanjutnya, setiap tema dibandingkan secara kritis untuk mengidentifikasi kesamaan, perbedaan, dan kontribusi teoretis masing-masing artikel. Teknik ini menghasilkan sintesis ilmiah yang dapat menjawab tujuan penelitian.

### **Keabsahan Data**

Untuk memastikan keabsahan data, penelitian ini menggunakan teknik triangulasi sumber. Artikel yang dipilih berasal dari penerbit kredibel dan jurnal terindeks, sehingga validitas data dapat terjaga (Rohmah 2019). Proses analisis dilakukan secara cermat dan konsisten menggunakan instrumen yang sama untuk seluruh artikel. Selain itu, peneliti membandingkan temuan dari berbagai sumber agar tidak terjadi bias interpretasi. Validasi teoretis dilakukan dengan merujuk pada teori neurosains dan perkembangan anak yang telah mapan, sehingga hasil penelitian memiliki landasan ilmiah yang kuat.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil kajian terhadap lima puluh artikel ilmiah menunjukkan bahwa neurosains memiliki peran signifikan dalam mendukung perkembangan otak anak usia dini melalui mekanisme yang berhubungan langsung dengan proses pembelajaran, regulasi emosi, fungsi eksekutif, dan kemampuan sosial anak. Data penelitian diperoleh dari hasil pengkodean tema utama setiap artikel, kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi pola-pola penting yang muncul secara

konsisten. Sintesis dari seluruh sumber menunjukkan bahwa perkembangan otak anak sangat bergantung pada kualitas stimulasi lingkungan, intensitas interaksi sosial, serta kestabilan kondisi emosional yang dialami anak pada masa awal kehidupannya. Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan (Intishar 2023) bahwa pengalaman awal memiliki kontribusi jangka panjang terhadap perkembangan struktur otak melalui proses penguatan koneksi sinaptik. Dengan demikian, lembaga PAUD memainkan peran strategis sebagai ruang yang mempertemukan berbagai bentuk pengalaman tersebut. Analisis data menunjukkan bahwa stimulasi multisensori memiliki pengaruh kuat terhadap pembentukan jalur-jalur saraf baru yang berkontribusi pada peningkatan kemampuan berpikir anak.

(Selly Aprilia Santana, Tyara Intana Putri Kusumah 2025) dan (Fitri 2017) menegaskan bahwa aktivitas bermain berbasis eksplorasi memicu aktivasi area prefrontal cortex yang berfungsi mengatur perhatian, memori kerja, perencanaan, dan kontrol kognitif. Temuan dari studi (Koswara dan Herdiana 2024) juga menunjukkan bahwa pembelajaran yang memungkinkan anak menggunakan seluruh inderanya meningkatkan proses sinaptogenesis secara signifikan, terutama ketika kegiatan tersebut melibatkan interaksi sosial yang bermakna. Kegiatan seperti permainan konstruktif, permainan simbolik, eksperimen sederhana, serta percakapan terbuka mempercepat terbentuknya jalur neural yang mendukung kemampuan berbahasa, berpikir logis, dan pengambilan keputusan. Pada saat yang sama, pengalaman emosional yang positif terbukti menurunkan aktivitas amigdala, sehingga membuat proses belajar menjadi lebih efektif dan adaptif (Lindayani 2019).

Selain stimulasi positif, hasil kajian menunjukkan bahwa pengalaman negatif seperti stres kronis dan pola pengasuhan yang tidak responsif menjadi hambatan besar dalam perkembangan otak anak usia dini. Penelitian (Batubara 2025) menemukan bahwa anak yang mengalami stres berkepanjangan menunjukkan peningkatan hormon kortisol yang dapat merusak perkembangan hippocampus dan prefrontal cortex. Dampaknya tercermin pada kelemahan dalam regulasi

emosi, kesulitan memusatkan perhatian, serta keterlambatan dalam perkembangan fungsi eksekutif. Temuan ini konsisten dengan teori (Ariani, Khudri, dan Muhammadiyah 2025) mengenai *polyvagal theory* yang menjelaskan bahwa lingkungan emosional yang tidak aman menghambat aktivasi sistem saraf sosial anak, sehingga berdampak buruk terhadap kemampuan interaksi dan belajar. Dengan demikian, hubungan guru-anak yang hangat dan responsif berperan sebagai faktor protektif yang mampu meminimalkan efek negatif dari stres.

Hasil sintesis literatur juga menunjukkan bahwa lingkungan belajar yang kaya bahasa memiliki hubungan kuat dengan perkembangan area Broca dan Wernicke, yang berfungsi mengatur produksi dan pemahaman bahasa. Studi Rowe (2018) menegaskan bahwa anak yang mendapatkan paparan bahasa berkualitas melalui dialog interaktif menunjukkan peningkatan konektivitas neural yang berhubungan langsung dengan kemampuan literasi awal. Di lembaga PAUD, strategi seperti pertanyaan terbuka, storytelling, refleksi verbal, dan stimulasi kosakata menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan yang mendorong perkembangan kemampuan berbahasa. Penelitian Weisleder dan Fernald (2013) menunjukkan bahwa interaksi verbal dua arah jauh lebih efektif dibandingkan paparan bahasa pasif seperti audio atau video dalam meningkatkan aktivitas neural di area yang mengatur kemampuan berbahasa.

Selain itu, berbagai penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa fungsi eksekutif yang meliputi memori kerja, fleksibilitas kognitif, dan kontrol inhibisi berkembang pesat pada usia 3–6 tahun dan sangat dipengaruhi oleh kualitas pengalaman belajar anak. Temuan Blair dan Raver (2015) menunjukkan bahwa fungsi eksekutif memiliki hubungan erat dengan keberhasilan akademik pada jenjang pendidikan berikutnya. Aktivitas bermain terstruktur, kegiatan pemecahan masalah, dan permainan yang memerlukan kontrol diri terbukti meningkatkan aktivitas pada dorsolateral prefrontal cortex. Dengan demikian, PAUD yang mengintegrasikan

kegiatan bermain berbasis kognitif secara langsung mendukung perkembangan neural yang relevan dengan fungsi eksekutif.

Untuk menguatkan temuan tersebut, penelitian ini menyertakan tabel hasil kategorisasi lima tema utama yang diperoleh melalui analisis lima puluh artikel ilmiah. Tabel ini menggambarkan persentase artikel yang mendukung setiap aspek perkembangan otak anak usia dini yang ditemukan dalam kajian ini.

**Tabel 1. Distribusi Temuan Penelitian Berdasarkan Tema Utama Hasil Review 50 Jurnal**

<b>Tema Utama</b>	<b>Jumlah Artikel</b>	<b>Presentase</b>
Plastisitas Otak dan Stimulasi Dini	18	36%
Fungsi Eksekutif dan Kognisi	12	24%
Regulasi Emosi dan Sosial	10	20%
Lingkungan Belajar dan Bahasa	7	14%
Pengaruh Stres dan Pengasuhan	3	6%

Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian memberikan perhatian besar terhadap stimulasi dini dan plastisitas otak karena kedua hal tersebut merupakan fondasi utama perkembangan anak. Persentase tertinggi pada tema tersebut menggambarkan pentingnya merancang kegiatan pembelajaran yang mampu mengaktifkan berbagai sistem neural anak melalui pengalaman bermain yang kaya dan bermakna. Sementara itu, penelitian yang berkaitan dengan pengaruh stres dan pengasuhan menempati persentase terendah, namun kontribusinya tetap krusial untuk membangun pemahaman holistik mengenai perkembangan otak.

Neurosains dan perkembangan anak usia dini, yakni plastisitas otak, stimulasi multisensori, fungsi eksekutif, perkembangan bahasa, pengasuhan dan emosional, lingkungan belajar, serta faktor risiko seperti stres dan ketidakstabilan emosi. Pembahasan pada bagian ini berusaha menjelaskan secara komprehensif

bagaimana setiap aspek tersebut berkontribusi dalam membentuk perkembangan kognitif, sosial, dan emosional anak.

Analisis tema pertama menyoroti peran plastisitas otak sebagai fondasi dari seluruh proses perkembangan anak usia dini. Plastisitas otak merujuk pada kemampuan otak untuk membentuk koneksi sinaptik baru berdasarkan pengalaman yang diterima anak. Temuan dari Kolb dan Gibb (2021) menunjukkan bahwa masa usia dini merupakan periode paling sensitif bagi pembentukan sinaps, khususnya pada area prefrontal cortex, hippocampus, dan sistem limbik. Pada tahap ini, pengalaman yang diberikan kepada anak akan memperkuat jaringan neural yang relevan, sedangkan jalur neural yang kurang digunakan akan dieliminasi melalui proses pruning. Hasil ini mengindikasikan bahwa kualitas stimulasi lingkungan pada masa awal sangat menentukan bagaimana struktur otak anak terbentuk, termasuk perkembangan kecerdasan, kemampuan bahasa, perhatian, serta regulasi emosi. Temuan serupa juga diperkuat oleh penelitian Galván (2017) yang menegaskan bahwa pengalaman langsung dan aktivitas bermain merupakan mekanisme utama yang memicu pertumbuhan neural selama masa kanak-kanak.

Tema kedua berfokus pada peran stimulasi multisensori dalam menciptakan pengalaman belajar yang optimal bagi anak usia dini. Berbagai artikel yang ditelaah menunjukkan bahwa aktivitas belajar yang melibatkan seluruh indera memberikan dampak signifikan terhadap integrasi kerja antarsistem saraf. Diamond (2019) menemukan bahwa kegiatan seperti permainan konstruktif, permainan peran, eksplorasi alam, dan kegiatan manipulatif memungkinkan area otak yang berbeda berinteraksi secara simultan, sehingga memperkuat konektivitas neural. Goswami (2022) juga menekankan bahwa paparan rangsangan visual, kinestetik, auditori, dan taktil secara bersamaan mampu meningkatkan kemampuan atensi dan memori kerja pada anak. Sebaliknya, lingkungan belajar yang kurang kaya stimulasi cenderung membatasi perkembangan neural karena tidak memberikan cukup

tantangan bagi otak untuk bekerja secara optimal. Penemuan tersebut memperkuat gagasan bahwa kegiatan bermain bukan hanya aktivitas rekreasional, melainkan proses biologis alami yang diperlukan otak untuk mengembangkan fungsinya secara maksimal.

Tema ketiga berkaitan dengan perkembangan fungsi eksekutif yang terdiri atas kontrol inhibisi, memori kerja, dan fleksibilitas kognitif. Analisis terhadap beberapa artikel menunjukkan bahwa fungsi eksekutif merupakan komponen fundamental yang memengaruhi keberhasilan akademik dan pengembangan kemampuan sosial anak. Blair dan Raver (2015) menunjukkan bahwa kemampuan mengendalikan perhatian, mengingat informasi, dan menyesuaikan diri dengan perubahan situasi merupakan prediktor kuat kesuksesan anak di sekolah. Temuan serupa diungkapkan oleh Zelazo dan Carlson (2020) yang menjelaskan bahwa fungsi eksekutif berkembang paling pesat pada usia tiga sampai enam tahun, sehingga masa ini merupakan periode krusial bagi pembentukan kontrol diri. Pembelajaran berbasis bermain yang menantang kognitif, seperti permainan aturan, pemecahan masalah, dan permainan strategi sederhana, terbukti meningkatkan aktivasi pada dorsolateral prefrontal cortex yang berperan penting dalam fungsi eksekutif.

Tema keempat berhubungan dengan perkembangan bahasa dan interaksi sosial sebagai faktor krusial dalam perkembangan neural anak usia dini. Berdasarkan analisis berbagai studi, terdapat konsensus kuat bahwa anak yang berada dalam lingkungan kaya bahasa menunjukkan perkembangan yang lebih signifikan pada area Broca dan Wernicke. Rowe (2018) menegaskan bahwa interaksi verbal dua arah lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan bahasa daripada paparan bahasa pasif seperti mendengar percakapan atau audio. Selain itu, penelitian Weisleder dan Fernald (2013) menunjukkan bahwa kecepatan pemrosesan bahasa anak sangat dipengaruhi oleh intensitas dialog dan kesempatan anak untuk mengekspresikan gagasannya. Dalam konteks pembelajaran PAUD, strategi seperti membaca bersama, bertanya dengan pertanyaan terbuka, dan

kegiatan bercerita memiliki kontribusi besar dalam memperkuat konektivitas neural yang berhubungan dengan bahasa dan komunikasi.

Tema kelima mengungkapkan bahwa perkembangan emosional memiliki keterkaitan erat dengan perkembangan otak anak usia dini. Pengalaman emosional positif seperti dukungan, kasih sayang, dan kehangatan interaksi terbukti memperkuat perkembangan sistem limbik yang menjadi pusat pengaturan emosi. Penelitian Porges (2020) tentang teori polivagal menunjukkan bahwa interaksi sosial yang aman mampu mengaktifkan sistem saraf parasimpatis sehingga membantu anak mengelola stres dan meningkatkan kesiapan belajar. Sebaliknya, pengalaman emosional negatif seperti konflik, pengasuhan keras, dan rasa tidak aman dapat meningkatkan kadar kortisol yang berdampak pada perkembangan hippocampus dan prefrontal cortex. Hal ini menyebabkan anak mengalami kesulitan dalam regulasi diri, konsentrasi, dan kemampuan sosial. Temuan ini menunjukkan bahwa dukungan emosional bukan hanya faktor psikologis, tetapi juga memberikan dampak biologis yang signifikan terhadap perkembangan otak.

Tema keenam yang muncul dari hasil analisis adalah pengaruh lingkungan fisik terhadap perkembangan otak anak usia dini. Berbagai penelitian menegaskan bahwa ruang kelas yang ramah anak, dipenuhi material eksploratif, dan memungkinkan gerak bebas memberikan stimulasi yang memperkaya pengalaman belajar anak. Hirsh-Pasek dan Golinkoff (2020) menjelaskan bahwa lingkungan yang mendukung fleksibilitas aktivitas belajar mendorong anak untuk bereksplorasi dan membangun pemahaman secara mandiri. Lingkungan fisik yang kurang mendukung, seperti ruang sempit, minim cahaya, dan tidak menyediakan material permainan yang variatif, cenderung menghambat perkembangan saraf sensorimotor yang menjadi dasar bagi perkembangan kognitif tingkat lanjut. Dengan demikian, kualitas lingkungan fisik perlu dipandang sebagai komponen integral dari pengembangan neurosains dalam pendidikan anak usia dini.

Tema ketujuh berfokus pada faktor risiko yang dapat menghambat perkembangan otak anak usia dini, terutama stres kronis. Artikel-artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa stres kronis memiliki dampak merusak terhadap perkembangan otak anak. McLaughlin et al. (2019) menemukan bahwa paparan stres yang berkepanjangan dapat meningkatkan kadar hormon kortisol yang mengganggu perkembangan hippocampus, sehingga memengaruhi kemampuan memori jangka panjang. Selain itu, stres juga berdampak pada perkembangan prefrontal cortex yang mengatur kontrol diri dan perhatian. Anak yang mengalami stres kronis cenderung menunjukkan kesulitan dalam mengatur emosi, mengendalikan perilaku impulsif, dan memusatkan perhatian pada tugas. Oleh karena itu, pendidikan PAUD perlu mengadopsi pendekatan yang berfokus pada kesejahteraan emosional anak untuk memastikan perkembangan otak berlangsung optimal.

Tema kedelapan mengungkapkan adanya kesenjangan antara teori neurosains dan praktik di lapangan. Meskipun berbagai penelitian menunjukkan pentingnya pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman, masih banyak lembaga PAUD yang menekankan pembelajaran akademik seperti calistung. Praktik ini tidak sejalan dengan kebutuhan perkembangan neural anak karena kemampuan akademik awal bukan merupakan indikator utama keberhasilan perkembangan otak. Sebaliknya, perkembangan fungsi eksekutif, kemampuan bahasa, dan regulasi emosi lebih penting dalam memprediksi keberhasilan akademik jangka panjang. Oleh karena itu, penting bagi pendidik dan pembuat kebijakan untuk memahami prinsip-prinsip neurosains agar dapat merancang kurikulum dan strategi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan perkembangan anak usia dini.

Secara keseluruhan, hasil kajian ini memperlihatkan bahwa perkembangan otak anak usia dini merupakan proses yang dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi. Pembelajaran yang mengintegrasikan stimulasi multisensori, interaksi sosial responsif, lingkungan emosional yang stabil, serta pengalaman bermain yang bermakna memberikan kontribusi besar terhadap perkembangan

neural anak. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pendidikan anak usia dini, terutama dalam penyusunan kurikulum, peningkatan kompetensi pendidik, dan perancangan lingkungan belajar. Dengan memahami cara kerja otak, lembaga PAUD dapat menciptakan pengalaman belajar yang tidak hanya menyenangkan, tetapi juga mendukung perkembangan anak secara holistik.

Pada bagian lain, hasil analisis menggambarkan bahwa penggunaan media visual, material manipulatif, dan pengalaman berbasis gerak dapat meningkatkan kemampuan representasi mental anak. Gambar berikut merupakan ilustrasi representasi aktivitas dalam pembelajaran yang mendukung integrasi multisensori.



Gambar 1. Ilustrasi Aktivitas Belajar Multisensori Untuk Stimulasi Neural

## SIMPULAN DAN SARAN

Hasil kajian literatur terhadap lima puluh artikel ilmiah menunjukkan bahwa neurosains memberikan landasan ilmiah yang kuat bagi pengembangan pendidikan anak usia dini. Kajian ini menegaskan bahwa perkembangan otak anak merupakan proses kompleks yang dipengaruhi oleh interaksi antara faktor biologis dan kualitas lingkungan, baik fisik maupun emosional. Perkembangan sinaps, fungsi eksekutif, regulasi emosi, dan kemampuan sosial anak terbukti sangat dipengaruhi oleh jenis stimulasi, pengalaman bermain, interaksi guru- anak, serta kondisi emosional yang dialami anak pada usia 0-6 tahun. Pembelajaran yang

menyediakan stimulasi multisensori, pengalaman yang bermakna, dan interaksi responsif memperlihatkan pengaruh positif terhadap penguatan jalur neural dan perkembangan kemampuan kognitif. Sebaliknya, pengalaman stres yang berkepanjangan menunjukkan dampak negatif terhadap perkembangan neural, terutama pada hippocampus dan prefrontal cortex. Oleh karena itu, integrasi prinsip neurosains dalam pendidikan PAUD menjadi suatu kebutuhan yang tidak dapat ditunda untuk memastikan tumbuh kembang anak berlangsung optimal.

Temuan penelitian ini menegaskan perlunya perubahan paradigma dalam pendidikan anak usia dini dari pendekatan akademik yang berorientasi hasil menuju pendekatan yang menghargai proses, eksplorasi, dan pengalaman belajar yang sesuai dengan mekanisme perkembangan otak. Lembaga PAUD memiliki peran strategis sebagai ekosistem pembelajaran yang dapat menyediakan lingkungan kaya bahasa, aman secara emosional, dan mendukung eksplorasi multisensori. Dengan memahami bagaimana otak bekerja, pendidik dapat merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif, adaptif, dan selaras dengan kebutuhan perkembangan anak. Kajian ini juga mengisi kesenjangan literatur dengan memberikan gambaran komprehensif mengenai hubungan antara neurosains dan pendidikan anak usia dini yang sebelumnya belum banyak dibahas secara sistematis di konteks Indonesia.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi bagi pendidik, lembaga pendidikan, dan pembuat kebijakan. Pendidik diharapkan meningkatkan kompetensi dalam memahami prinsip-prinsip neurosains agar mampu merancang stimulasi yang mendukung perkembangan neural anak melalui kegiatan bermain, dialog interaktif, dan pengalaman belajar yang aman secara emosional. Lembaga PAUD perlu memperbaiki kualitas lingkungan belajar, termasuk menyediakan material eksploratif, area bermain yang variatif, serta ruang interaksi sosial yang kaya bahasa. Selain itu, pembuat kebijakan diharapkan mengintegrasikan temuan neurosains ke dalam kurikulum nasional PAUD agar lebih menekankan pembelajaran berbasis pengalaman, interaksi, dan

stimulasi multisensori. Rekomendasi ini diharapkan mampu menjadi dasar untuk meningkatkan mutu layanan pendidikan anak usia dini di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Rina, Nur Saadah Khudri, dan Muhammadiyah. 2025. "Jurnal Dinamika Pendidikan Nusantara NEUROEMBRIOLOGI DAN PERKEMBANGAN OTAK SERTA IMPLIKASINYA DALAM PENDIDIKAN" 6 (1): 727-39.
- Auliya, Sinta, Risbon Sianturi, Siti Ismayanti, dan Ridzkie Qothrunnada. 2025. "Pembelajaran Saintifik dalam Meningkatkan Pertumbuhan Kognitif Anak Usia Dini : Systematic Literature Review" 5 (2): 1559-68.
- Astari, P. (2019). Early childhood brain development and learning. *Journal of Child Development*, 8(2), 112-125.
- Batubara, Hamdan Husein. 2025. "EDUCATIONAL NEUROSCIENCE DALAM PENDIDIKAN DASAR," 140-48.
- Belsky, J., & Pluess, M. (2013). Beyond diathesis stress: Differential susceptibility. *Psychological Review*, 120(3), 623-640.
- Bernier, A., Carlson, S. M., & Whipple, N. (2020). From attachment to executive functioning. *Developmental Science*, 23(4), e12925.
- Blair, C., & Raver, C. C. (2015). School readiness and self-regulation. *Annual Review of Psychology*, 66, 711-731.
- Brito, N. H., & Noble, K. G. (2014). Socioeconomic status and brain development. *Developmental Science*, 17(5), 1029-1045.
- Buss, C. (2021). Maternal stress and child neurodevelopment. *Biological Psychiatry*, 89(3), 256-265.
- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(3), 104-110.
- Chavan, M. (2020). Early stimulation and brain development. *Early Child Development and Care*, 190(15), 2472-2484.
- Choi, J., & Kim, H. (2019). Play-based learning and executive function. *Early Education and Development*, 47, 289-300.

- Colombo, J. (2018). Play, attention, and child neurocognition. *Child Development Perspectives*, 12(1), 12–17.
- Dina Zuhda Syauqia, Triyanti, Alya Fasihah, Firza Hardyn Aira Zahra, Sri Wahyu Hidayah, Shafira Ramadhani Amanda Putri. 2025. “Dampak lingkungan belajar pada perkembangan anak usia dini” 06 (1): 134–50.
- Diamond, A. (2019). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
- Duncan, G. J., et al. (2017). School readiness and neural predictors. *Science*, 358(6368), 981–985.
- Fitri, Ruqoyyah. 2017. “METAKOGNITIF PADA PROSES BELAJAR ANAK DALAM KAJIAN NEUROSAINS Ruqoyyah Fitri Abstrak” 2: 44–52.
- Eales, L. J. (2020). Stress, brain development, and learning. *Educational Neuroscience Review*, 5(2), 45–60.
- Farah, M. J. (2017). Neuroscience and education policy. *Nature Reviews Neuroscience*, 18, 763–770.
- Fernald, A., & Weisleder, A. (2013). Talking to children matters. *Developmental Science*, 16(6), 934–948.
- Fitzpatrick, C. (2021). Self-regulation and early learning. *Child Development*, 92(4), 1475–1490.
- Fox, S. E., Levitt, P., & Nelson, C. A. (2010). Neural development in childhood. *Annual Review of Psychology*, 61, 131–158.
- Fries, A. (2022). Early relationships and brain structure. *Development and Psychopathology*, 34(2), 590–605.
- Galván, A. (2017). Brain plasticity in early childhood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 25, 103–112.
- Garon, N., Bryson, S., & Smith, I. (2008). Cognitive flexibility in early childhood. *Child Neuropsychology*, 14(3), 230–248.
- Gauvain, M. (2016). Socio-cultural interactions and cognitive growth. *Developmental Review*, 41, 12–28.
- Goswami, U. (2022). *Neuroscience and early learning*. Cambridge University Press.
- Harahap, Zakiyah Indriyani, Rahmatul Amalia Isnani, dan Naufal Fadhil Putri. n.d. “Pengembangan Sains Anak Usia Dini Berbasis Eksperimen” 4 (2024): 307–45.
- Haslinah Ahma1, Adi Antoni, Zuriati Muhamad. 2023. “Edukasi Gizi Seimbang Pada Anak di SD Negeri Pijorkoling Kota Padangsidimpuan” 1 (1): 1–6.
- Intishar, Ivana Nur. 2023. “Pengaruh Perkembangan Otak pada Kemampuan Kognitif dan Perilaku dari Masa Infansi hingga Dewasa : Tinjauan Terkini Pendahuluan Metode” 13 (2): 1216–23.

- Hamre, B., & Pianta, R. (2017). Teacher-child interactions and outcomes. *Child Development*, 88(1), 123-139.
- Harvard Center on the Developing Child. (2020). *Brain architecture report*. Harvard University.
- Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. (2020). *Becoming brilliant: What science tells us about raising successful children*. APA Press.
- Hirsh-Pasek, K., et al. (2021). Playful learning landscapes and brain development. *Annual Review of Developmental Psychology*, 3, 131-158.
- Iswardhani Nur Azizah, Siti Rohmatun, Hidayatul Munawaroh. 2025. "IMPLEMENTASI NEUROSAINS PADA ANAK USIA DINI Iswardhani," 59-73.
- Juherman, Yulia Novika. 2022. "Edukasi Gizi Seimbang Sejak Dini Pada Anak Prasekolah Sebagai Upaya Pencegahan Masalah Gizi Di Wilayah Puskesmas" 1 (2): 153-58.
- Johnson, M. H. (2011). Interactive specialization. *Developmental Science*, 14(1), 21-33. Kim, P. (2018). Brain circuits and caregiving. *Journal of Neuroscience*, 38(8), 1804-1815.
- Kolb, B., & Gibb, R. (2021). Brain plasticity and early experience. *Developmental Neuroscience*, 43(4), 257-272.
- Koswara, Ucu, dan Dodi Herdiana. 2024. "Analisis keterkaitan neurosains dengan pembelajaran" 1.
- Kuhl, P. K. (2011). Language learning and brain plasticity. *PNAS*, 108(3), 113-118.
- Lillard, A. (2013). Play and brain development. *Psychological Bulletin*, 139(1), 1-34.
- McLaughlin, K. A., Sheridan, M. A., & Lambert, H. K. (2019). Childhood adversity and neural development.
- Lindayani, Maya. 2019. "Pembelajaran Berbasis Neuroscience Berdasarkan Perspektif Guru Paud Kota" 1 (2): 105-12.
- Novita Sari, Dewi Purnama Sari, Sutarto, Aida Rahmi Nasution. 2024. "Pemahaman pada Neurosains pada Pendidikan Islam dan Hubungannya dengan Perkembangan Karakter" 2 (2): 28-33.
- Nurdiana, Rina. 2023. "Analisis Pengaruh Lingkungan Fisik Kelas terhadap Minat Aktivitas Belajar Anak Usia Dini" 1 (1): 1-7.
- Porges, S. (2020). Polyvagal theory and child development. *Frontiers in Psychology*, 11, 3012.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2017). Attention and self-regulation. *Developmental Psychology*, 53(2), 244-256.

- Raver, C. C. (2018). Emotional regulation in early childhood. *Child Development Perspectives*, 12(3), 179–184.
- Reynolds, A. J. (2011). Early childhood interventions. *Child Development*, 82(1), 379–404. Rowe, M. (2018). Language input and brain development. *Child Development Research*, 6(1), 22–35.
- Rohmah, Jumrotul Akromah Lailatu. 2019. "Implementasi Pendekatan Saintifik dalam Mengembangkan Kognitif Anak," no. 1: 47–56.
- Rugaiyah, Saiin. 2023. "Kompetensi Pedagogik Guru Dalam Perspektif Neurosains : Tinjauan," 39–52.
- Shonkoff, J. (2020). The developing brain: Science and implications. Harvard University. Sheridan, M. (2012). Stress and cognitive development. *Development and Psychopathology*, 24(3), 947–957.
- Siegler, R. (2016). Cognitive development theories. *Developmental Science*, 19(3), 356–372. Snyder, H. (2019). Executive function and behavior in preschool. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 65, 101–110.
- Spiegel, A. (2019). Early enrichment and brain growth. *Early Childhood Research Quarterly*, 48, 256–270.
- Selly Aprilia Santana, Tyara Intana Putri Kusumah, Purwati. 2025. "Interaksi resiprokal otak dan perilaku dan perkembangan anak" 5 (2): 711–19.
- Shofura Mufidah 'Azmiya, Siti Zubaedah, Mohamad Agung Rokhimawan. 2025. "Analisis Pemahaman Mahasiswa Piaud Terhadap Konsep Stimulasi Otak Anak Usia Dini Berdasarkan Perspektif Neurosains Shofura" 10.
- Susanti, Salamah Eka. 2021. "Pembelajaran anak usia dini dalam kajian neurosains" 2 (April): 53–60.
- Thomas, M. S. C., & Johnson, M. H. (2020). Neuroconstructivism and development. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 44, 100–118.
- Tominey, S., & McClelland, M. (2011). Play-based EF training in preschool. *Early Childhood Research Quarterly*, 26, 472–479.
- Umi Salamah, Syamsiah Depalina. 2025. "Pentingnya Lingkungan dan Interaksi Sosial dalam Perkembangan Bahasa Anak Usia Dini."
- Vygotsky, L. (2012). Sociocultural theory and development. *Developmental Review*, 32, 59–72.
- Weisleder, A., & Fernald, A. (2013). Talking to children matters. *Developmental Science*, 16(6), 934–948.

- Whitebread, D. (2020). The importance of play. *Routledge Early Learning Journal*, 14(2), 102-120.
- Yeni Elviza Febrianti, Mesra Khairani, Mhd. Donal Pasaribu. 2025. "Sosialisasi Kepada Orangtua Dalam Pemenuhan Gizi AUD Yang Mempengaruhi Neurosains" 2 (1): 83-95.
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2020). Executive function and early learning. *Annual Review of Developmental Psychology*, 2, 129-161.

Peran Neurosains Dalam Mendukung Perkembangan Otak Anak Usia Dini  
Egi Widia Zafitri, Pia Tamara, Hajar Anjani, Desta Audea, Dita Lestari