

## **Otak Gen Z sebagai Aset Strategis: Neuropsikologi Pendidikan untuk Human Capital Indonesia di Panggung Dunia**

### ***(Gen Z Brain as a Strategic Asset: Educational Neuropsychology for Indonesia's Human Capital on the Global Stage)***

**TOMY OCTAVIAN<sup>1</sup>, LUCY LIDIAWATI SANTIOSO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Insan Cita Indonesia, Jalan H. R. Rasuna Said Kav. C-18, Jakarta  
Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

Email: tomyoctavian.research@gmail.com

**Abstrak:** Generasi Z merupakan kelompok demografis terbesar di Indonesia dan menjadi tumpuan utama pembangunan menuju Indonesia Emas 2045. Namun, karakteristik neurokognitif dan sosial digital mereka menuntut pendekatan pendidikan yang berbeda dari generasi sebelumnya. Penelitian ini bertujuan menelaah bagaimana pendekatan neuropsikologi pendidikan dapat mengoptimalkan potensi otak Gen Z sebagai aset strategis pembangunan sumber daya manusia (SDM). Kajian ini merupakan *conceptual paper* yang menggunakan pendekatan *systematic narrative review* terhadap literatur ilmiah sekunder dengan fokus temporal utama 2016–2025, disertai inklusi selektif literatur kunci periode 2000–2015 dan teori klasik sebelum tahun 2000. Penelusuran dilakukan melalui basis data *Scopus*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, dan *Google Scholar* menggunakan kata kunci terkait *neuropsychology education*, *Generation Z learning*, *human capital Indonesia*, dan *global competitiveness*. Secara keseluruhan, 53 sumber ilmiah dianalisis; dari jumlah tersebut, 28 artikel *peer-reviewed* dipetakan sebagai artikel utama dalam sintesis tematik dan *concept-centric*, sementara 25 sumber pendukung (artikel konseptual, laporan lembaga internasional, dan dokumen kebijakan) digunakan untuk memperkuat konteks empiris dan analisis kebijakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa otak Gen Z ditandai oleh tingkat *neuroplasticity* yang relatif tinggi, respons multisensori yang cepat, serta kecenderungan belajar yang lebih visual dan interaktif. Pendekatan *brain-based learning* dan stimulasi kognitif adaptif terbukti meningkatkan konsentrasi, kreativitas, dan regulasi emosi pada peserta didik *digital-native*. Integrasi prinsip neuropsikologi dengan kebijakan pendidikan dan pengembangan SDM menghasilkan model *Neuropsychology-Based Human Capital Framework* yang memetakan hubungan antara potensi otak, pembelajaran adaptif, pembentukan karakter, dan daya saing global. Temuan ini menegaskan bahwa pendidikan berbasis neurosains tidak hanya memperkuat kemampuan kognitif Gen Z, tetapi juga mentransformasi mereka menjadi human capital unggul yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0 dan masyarakat 5.0. Dengan demikian, Gen Z bukan sekadar bonus demografi, melainkan aset neuropsikologis bangsa yang berperan strategis dalam mempercepat visi Indonesia Emas 2045.

**Kata kunci:** *brain-based learning*; Generasi Z; *human capital*; Indonesia Emas 2045; neuropsikologi pendidikan

**Abstract:** Generation Z represents the largest demographic cohort in Indonesia and serves as the driving force toward the nation's "Golden Indonesia 2045" vision. However, their neurocognitive profile and digital-social behavior demand educational approaches that differ fundamentally from previous generations. This study explores how educational neuropsychology can optimize the potential of the Gen Z brain as a strategic asset in developing human capital. This conceptual paper uses a systematic narrative review of secondary scholarly literature, with a primary temporal focus on 2016–2025 and selective inclusion of key works from 2000–2015 and earlier classical theories. Literature searches were conducted in reputable academic databases such as *Scopus*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, and *Google Scholar* using keywords related to educational neuropsychology, *Generation Z learning*, *human capital in Indonesia*, and *global competitiveness*. In total, 53 scholarly sources were analysed; of these, 28 peer-reviewed empirical and theoretical articles were mapped as core studies in the thematic and concept-centric synthesis, while 25 supporting sources

(conceptual papers, policy reports, and institutional documents) were used to strengthen the empirical and policy context. The synthesis reveals that the adolescent developmental stage typical of Gen Z involves relatively high neuroplasticity and rapid multisensory processing, aligning with their preference for interactive and visually rich learning experiences. Brain-based learning and adaptive cognitive stimulation are found to enhance concentration, creativity, and emotional regulation among digital-native learners. Integrating neuropsychological insights with educational policy and human capital development produces the Neuropsychology-Based Human Capital Framework, which maps the linkage between brain potential, adaptive learning, character formation, and global competitiveness. The findings highlight that neuroscience-informed education not only strengthens Gen Z's cognitive abilities but also transforms them into a generation of advanced human capital capable of meeting the challenges of Industry 4.0 and Society 5.0. Consequently, Generation Z should be viewed not merely as a demographic dividend, but as Indonesia's neuropsychological asset for achieving global excellence.

**Keywords:** brain-based learning; educational neuropsychology; Generation Z; Golden Indonesia 2045; human capital

## PENDAHULUAN

Generasi Z (Gen Z) merupakan kelompok demografis terbesar di Indonesia yang akan memainkan peran sentral dalam mewujudkan visi Indonesia Emas 2045. Sejumlah kajian internasional secara eksplisit mendefinisikan Generasi Z sebagai individu yang lahir antara tahun 1997 hingga 2012 (Brînză & Butnaru, 2024; Chardonens, 2025). Berdasarkan hasil Sensus Penduduk 2020 yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistik, 2025), kelompok Generasi Z mencakup sekitar 27,94 persen dari total populasi nasional, atau sekitar 75 juta jiwa. Temuan ini menegaskan posisi Gen Z sebagai kekuatan demografis dominan yang memiliki potensi besar sebagai penggerak ekonomi dan sosial bangsa. Namun, potensi demografi ini hanya bermakna bila diiringi dengan kualitas sumber daya manusia yang unggul, adaptif, dan kreatif. Di tengah percepatan teknologi digital, kecerdasan buatan (AI), dan disrupsi sosial ekonomi, kemampuan kognitif dan emosional manusia menjadi kunci utama keberhasilan

pembangunan. Fenomena *society 5.0* menegaskan bahwa manusia bukan sekadar operator teknologi, tetapi aktor utama yang harus mampu berpikir kritis dan berkolaborasi lintas disiplin. Karena itu, memahami dan mengoptimalkan cara kerja otak generasi digital menjadi agenda strategis nasional. Gen Z tidak cukup dibekali hafalan dan sertifikasi, tetapi perlu dibangun melalui fondasi *neurocognitive literacy* agar siap menghadapi dunia yang berorientasi pada inovasi dan kecerdasan adaptif.

Meskipun memiliki potensi luar biasa, kualitas SDM Indonesia masih menghadapi tantangan serius dalam kompetisi global. *Education at a Glance 2024* (OECD, 2024) menunjukkan bahwa indeks kompetensi pelajar Indonesia, terutama dalam literasi sains dan berpikir kritis, masih berada di bawah rata-rata negara OECD. Data *Global Competitiveness Report* (World Economic Forum, 2020) juga menempatkan Indonesia pada posisi yang menengah dalam hal kesiapan teknologi dan inovasi tenaga kerja. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara

sistem pendidikan konvensional dengan kebutuhan kognitif generasi digital. Penelitian neuropsikologi terkini menjelaskan bahwa otak remaja memiliki tingkat neuroplastisitas tinggi yang memungkinkan pembelajaran cepat jika didukung oleh strategi belajar adaptif dan emosional yang tepat (Caballero dkk., 2023; Tovar-Moll & Lent, 2016). Sayangnya, kurikulum pendidikan nasional masih cenderung berorientasi pada hafalan dan evaluasi kognitif sempit, belum menyentuh aspek *neuroadaptive learning*. Dengan demikian, dibutuhkan paradigma baru yang memadukan ilmu otak, psikologi pendidikan, dan teknologi digital untuk membentuk generasi yang benar-benar siap bersaing di era AI dan otomasi global.

Berbagai studi empiris memperkuat bahwa Generasi Z menunjukkan profil belajar yang khas dan menuntut pendekatan pendidikan yang berbeda dari generasi sebelumnya. Albadi dan Zollinger (2021) menemukan bahwa pelajar Gen Z cenderung berpikir secara visual, kolaboratif, dan lebih responsif terhadap pengalaman belajar yang bersifat interaktif. Hal serupa ditegaskan oleh DiMattio dan Hudacek (2020) bahwa dimensi psikososial dalam lingkungan belajar klinis berperan besar dalam menentukan kepuasan dan keterlibatan siswa Gen Z. Dalam konteks Indonesia, Chalim dkk. (2024) menunjukkan bahwa perkembangan pendidikan anak di era metaverse menghadirkan peluang sekaligus tantangan baru bagi pembelajaran mandiri generasi ini. Selain itu, Tolstikova dkk. (2023) menyoroti pentingnya kompetensi komunikasi digital dan perilaku jaringan dalam kesiapan

belajar daring Gen Z. Bahkan rancangan pembelajaran daring optimal yang berpusat pada inspirasi dan interaktivitas mahasiswa juga telah disarankan oleh Yu dan Canton (2020). Temuan-temuan ini memperjelas bahwa pendidikan modern perlu menyesuaikan diri dengan struktur berpikir, pola interaksi, dan cara otak Gen Z memproses informasi digital yang cepat dan multisensori.

Dalam wacana pembangunan manusia, teori *human capital* klasik yang diperkenalkan oleh Schultz (1961) dan Becker (1993) telah lama menempatkan pendidikan sebagai investasi ekonomi paling efektif. Pandangan ini juga diperkuat oleh Melton (1965) yang menafsirkan teori Schultz sebagai kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan langsung antara investasi pendidikan dan produktivitas ekonomi melalui mekanisme pembentukan modal manusia. Namun, di Indonesia, implementasi teori ini masih berfokus pada kuantitas, seperti peningkatan angka partisipasi sekolah dan ekspansi lembaga pendidikan tinggi, sementara kualitas proses belajar yang mempertimbangkan cara kerja otak manusia belum menjadi perhatian utama. Kajian empiris mutakhir menunjukkan bahwa pendekatan berbasis neurosains dapat meningkatkan atensi, memori, dan motivasi belajar secara signifikan (Immordino-Yang, 2016; Jensen & McConchie, 2020). Sayangnya, integrasi psikologi, pendidikan, dan neurosains dalam pengembangan SDM nasional masih bersifat sporadis dan fragmentaris. Ketidaksinambungan inilah yang menciptakan *research gap* besar antara potensi biologis Gen Z yang dinamis dengan kebijakan

pendidikan yang masih kaku secara struktural.

Kajian lintas generasi menunjukkan bahwa Gen Z memiliki pola pikir, gaya belajar, dan orientasi nilai yang berbeda dari generasi sebelumnya. Mereka adalah *digital natives* yang tumbuh dalam lingkungan serba cepat, visual, dan interaktif (Albadi & Zollinger, 2021; Dwidienawati & Gandasari, 2018). Namun, sistem pendidikan konvensional Indonesia masih berlandaskan paradigma industrial yang menekankan uniformitas dan pengendalian, bukan eksplorasi dan kreativitas. Di sisi lain, riset neuropsikologi pendidikan menunjukkan bahwa lingkungan belajar yang menstimulasi otak secara multisensori dapat meningkatkan kapasitas neuroplastisitas dan kemampuan pemecahan masalah (McGann, 2015; Paraskevopoulos dkk., 2024). Dengan kata lain, kegagalan memahami *neuro-profile* Gen Z berarti kehilangan momentum membangun SDM unggul di era digital. Inilah kesenjangan utama yang ingin dijawab oleh kajian ini, yaitu perlunya jembatan konseptual antara *neuroscience of learning* dan kebijakan pembangunan manusia.

Bertolak dari latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam peran neuropsikologi pendidikan dalam memahami serta mengoptimalkan potensi otak Gen Z sebagai aset strategis pembangunan SDM Indonesia. Kajian ini menekankan dua arah utama: pertama, mengidentifikasi mekanisme bagaimana prinsip-prinsip neuropsikologi seperti *neuroplasticity*, *emotional regulation*, dan *adaptive cognitive stimulation* dapat memperkuat kompetensi, kreativitas, dan

resiliensi Gen Z; kedua, mengembangkan model konseptual integratif antara neuropsikologi, pendidikan, dan teori *human capital* sebagai kerangka inovatif bagi kebijakan SDM nasional. Melalui pendekatan tersebut, artikel ini berupaya melahirkan paradigma baru, yaitu *Neuropsychology-Based Human Capital Framework*, yang menjadi sumbangan teoretis dan strategis bagi literatur pembangunan manusia di era digital.

Untuk memperjelas fokus penelitian, dirumuskan tiga pertanyaan utama: (1) Bagaimana neuropsikologi dapat menjelaskan pola belajar dan perilaku khas Gen Z? (2) Bagaimana potensi kognitif dan emosional Gen Z dapat dikapitalisasi melalui pendidikan berbasis neurosains untuk membentuk human capital unggul? dan (3) Bagaimana integrasi psikologi, pendidikan, dan neurosains dapat diimplementasikan sebagai strategi pembangunan SDM Indonesia yang kompetitif secara global? Pertanyaan-pertanyaan ini disusun untuk menuntun analisis lintas level, mulai dari level mikro (individu dan otak), meso (institusi pendidikan), hingga makro (kebijakan nasional). Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu menjawab kesenjangan teoretis dan praktis dalam pembangunan SDM berbasis *neuro-cognitive capacity*.

Penelitian ini berlandaskan pada empat kerangka teori utama. Pertama, *Educational Neuropsychology* yang meneliti hubungan antara fungsi otak, emosi, dan motivasi dalam proses belajar (Immordino-Yang, 2016; Jensen & McConchie, 2020). Kedua, *Psychology of Generations* yang menggambarkan Gen Z

sebagai generasi *multitasking*, visual, dan haus akan pengalaman autentik (Persada dkk., 2019; Tolstikova dkk., 2023). Ketiga, *Human Capital Theory* (Becker, 1993; Schultz, 1961) yang menempatkan pendidikan dan keterampilan sebagai investasi strategis pembangunan nasional. Keempat, *Global Competitiveness Framework* (OECD, 2024; WEF, 2020) yang menegaskan bahwa kualitas SDM merupakan fondasi daya saing ekonomi dan inovasi suatu bangsa. Keempat teori ini menjadi fondasi konseptual bagi sintesis model baru yang diusulkan dalam kajian ini.

Dengan berpijak pada keempat landasan tersebut, pendahuluan ini menegaskan bahwa Gen Z tidak hanya merupakan “bonus demografi”, melainkan aset neuropsikologis bangsa yang perlu diolah secara ilmiah dan sistematis. Pembelajaran konvensional yang terfokus pada hasil akademik perlu bergeser menuju paradigma *neuro-education for human capital*, yang mengakui pentingnya keseimbangan antara kecerdasan kognitif, emosional, dan sosial. Melalui pendekatan neuropsikologi pendidikan, Indonesia berpotensi menjadi pionir gerakan *neuro-education* di Asia Tenggara, menempatkan otak manusia sebagai pusat inovasi pembangunan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi secara teoritis dalam pengembangan konsep *human capital*, tetapi juga memberi arah strategis bagi kebijakan pendidikan dan SDM nasional yang relevan dengan kebutuhan global abad ke-21.

## METODE

### **Jenis Kajian dan Pendekatan Analisis.**

Penelitian ini merupakan kajian konseptual (*conceptual paper*) yang mengintegrasikan pendekatan *systematic narrative review* untuk membangun kerangka konseptual baru mengenai pengembangan *human capital* berbasis neuropsikologi pendidikan pada Generasi Z di Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena topik yang dikaji bersifat interdisipliner dan menuntut eksplorasi konseptual yang luas antara ranah neuropsikologi, pendidikan, dan ekonomi sumber daya manusia. *Systematic narrative review* memungkinkan penulis menyintesis teori, hasil penelitian empiris, dan kebijakan publik yang relevan untuk menghasilkan pemahaman menyeluruh tanpa melakukan eksperimen lapangan. Pendekatan ini juga diakui efektif dalam merumuskan model konseptual pada isu-isu baru yang belum banyak diteliti (Snyder, 2019; Torracco, 2005). Dengan demikian, metode ini relevan untuk mengembangkan gagasan integratif tentang *Neuropsychology-Based Human Capital Framework* dalam konteks pembangunan SDM Indonesia yang berorientasi global.

**Sumber dan Kriteria Literatur.** Sumber utama data berasal dari literatur ilmiah sekunder yang dipublikasikan pada rentang 2016–2025, baik nasional maupun internasional, mencakup artikel jurnal, buku akademik, laporan lembaga global, serta publikasi resmi pemerintah. Korpus literatur diperoleh melalui penelusuran sistematis di basis data seperti *Scopus*, *ScienceDirect*,

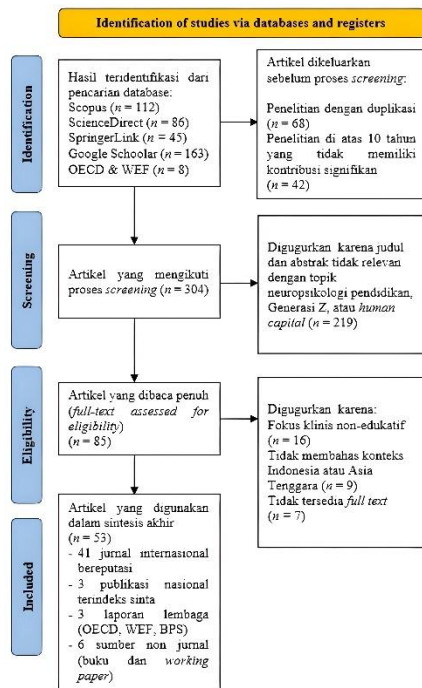
SpringerLink, dan Google Scholar, menggunakan kombinasi kata kunci “*neuropsychology education*”, “*Generation Z learning*”, “*human capital Indonesia*”, dan “*global competitiveness*”. Selain itu, dokumen dari lembaga resmi seperti *World Economic Forum (WEF)*, *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*, dan Badan Pusat Statistik (BPS) turut dimasukkan untuk memperkuat konteks empiris nasional dan global terkait kualitas sumber daya manusia Indonesia. Literatur yang dipilih memenuhi kriteria: (1) relevan dengan tema neuropsikologi pendidikan dan karakteristik Generasi Z, (2) mengandung konsep *human capital* atau kebijakan pengembangan SDM, dan (3) memiliki validitas ilmiah melalui proses *peer review* atau berasal dari publikasi institusional resmi.

Meskipun fokus temporal utama berada pada periode 2016–2025, kajian ini juga secara selektif mengikutsertakan literatur dari periode 2000–2015 yang dinilai memiliki kontribusi signifikan terhadap perkembangan teori dan praktik di bidang neuropsikologi pendidikan dan pembangunan *human capital*. Contohnya, karya Heckman dan Kautz (2012) mengenai *soft skills* dan produktivitas, Immordino-Yang (2016) tentang hubungan emosi dan pembelajaran, serta Tovar-Moll dan Lent (2016) yang mengulas berbagai bentuk *neuroplasticity* sebagai dasar biologis proses belajar dan mengajar sepanjang rentang kehidupan, yang menjadi pijakan konseptual bagi gagasan pembelajaran adaptif pada Generasi Z dalam kajian ini. Selain itu, literatur mengenai dinamika regulasi emosi dan

kecemasan dalam perspektif neuroperkembangan juga diikutsertakan untuk memetakan aspek psikologis yang terkait dengan fungsi otak pada masa remaja, yang sepadan dengan tahap perkembangan Gen Z (Caballero dkk., 2023).

Selain itu, literatur klasik sebelum tahun 2000 juga digunakan secara sadar untuk memperkuat kerangka teoritis lintas waktu. Teori *Human Capital* oleh Schultz (1961) dan Becker, (1993), serta fondasi awal *Educational Neuropsychology* oleh Gaddes (1983) dan Berninger dan Abbott (1992), diikutsertakan bukan sebagai data empiris, melainkan sebagai landasan konseptual yang menjelaskan hubungan antara fungsi otak, pembelajaran, dan pengembangan kompetensi manusia. Pendekatan ini memastikan kesinambungan antara teori fundamental, literatur transisi (2000–2015), dan bukti empiris kontemporer (2016–2025) dalam satu kerangka sintesis yang utuh.

Dengan demikian, total 53 sumber ilmiah terpilih digunakan sebagai dasar pengembangan model konseptual *Neuropsychology-Based Human Capital Framework*. Proses identifikasi, penyaringan, dan inklusi literatur divisualisasikan dalam Gambar 1, yang diadopsi dari format *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020).



Gambar 1. Diagram PRISMA proses seleksi literatur sistematis mengenai neuropsikologi pendidikan, Generasi Z, dan *human capital*

### Karakteristik Studi yang Diikutsertakan.

Berdasarkan hasil penelusuran literatur menggunakan pendekatan PRISMA, diperoleh total 53 sumber ilmiah yang relevan dengan fokus penelitian mengenai neuropsikologi pendidikan, karakteristik pembelajaran

Generasi Z, dan pengembangan *human capital*. Namun, untuk menjaga fokus analisis dan keterbacaan naskah, hanya 28 artikel *peer-reviewed* dengan kontribusi empiris dan teoretis paling kuat yang disajikan pada Tabel 1. Artikel-artikel ini mewakili keterpaduan tiga domain utama kajian, yaitu (1) neuropsikologi dan neuroplastisitas dalam konteks pendidikan, (2) pembelajaran adaptif Generasi Z pada lingkungan digital, serta (3) teori dan kebijakan pengembangan *human capital*.

Sementara itu, 25 sumber pendukung lainnya, yang meliputi artikel konseptual dan laporan lembaga internasional seperti OECD dan *World Economic Forum*, digunakan sebagai referensi kontekstual untuk memperkaya pembahasan dan memperkuat analisis kebijakan. Sumber-sumber pendukung tersebut tidak ditampilkan dalam tabel seleksi, tetapi tetap dicantumkan dalam Daftar Pustaka untuk menjaga transparansi dan kelengkapan literatur.

Tabel 1. Ringkasan 28 Artikel Utama Berdasarkan Domain Neuropsikologi Pendidikan, Pembelajaran Generasi Z, dan *Human Capital*

No.	Penulis & Tahun	Metode/ Desain	Fokus/ Intervensi	Temuan Utama	Implikasi	Relevansi terhadap Gen Z Indonesia
<b>Domain Neuropsikologi Pendidikan</b>						
1.	Berninger & Abbott (1992)	Teoretis–empiris	Unit analisis & konstruksi belajar	Belajar bersifat konstruktif dan memerlukan analisis unit yang tepat.	Gunakan profil kognitif individu untuk desain instruksi.	Menekankan pentingnya pendekatan personal di kelas digital Indonesia yang beragam.
2.	Tovar-Moll & Lent (2016)	Tinjauan ilmiah	Bentuk & mekanisme neuroplastisitas	Plastisitas berlangsung sepanjang hayat.	Gunakan latihan bervariasi & umpan balik.	Menguatkan ide pembelajaran sepanjang hayat Gen Z.
3.	Caballero	Tinjauan	Regulasi	Kapasitas &	Perlu latihan	Landasan neuropsikologis

	dkk. (2023)	naratif + kerangka neuroperkembangan	emosi (takut/cemas) & sirkuit fronto-limbik anak-remaja	kecenderungan regulasi emosi dibentuk maturasi prefrontal-amigdala & konteks lingkungan.	regulasi emosi sesuai tahap perkembangan & konteks sosial.	pentingnya dukungan regulasi emosi pelajar Gen Z Indonesia di tengah stres akademik & paparan digital.
4.	Paraskevopoulos dkk. (2024)	Eksperimen <i>neuroimaging</i>	Latihan multi-vs-unisensori	Latihan multi-sensori meningkatkan transfer belajar.	Gunakan stimulus audio-visual.	Sesuai gaya belajar visual-interaktif Gen Z Indonesia.
5.	Beauchemin dkk. (2024)	Eksperimen EEG-BCI	<i>Pacing</i> neuroadaptif (beban kognitif + motivasi)	BCI adaptif meningkatkan motivasi dan hasil.	Gunakan monitoring beban kognitif.	Mendukung platform <i>e-learning</i> adaptif di kampus Indonesia.
6.	Pureza & Fonseca (2017)	Validasi program pelatihan	Pelatihan fungsi eksekutif	Program CENA efektif tingkatkan atensi guru.	Latih guru dalam strategi EF.	Model bagi pengembangan pelatihan guru Indonesia.
7.	Immordino-Yang (2016)	Monograf akademik	Neurosains afektif	Emosi mendorong pembelajaran mendalam.	Integrasikan makna emosional dalam kelas.	Menjawab tantangan empati & motivasi belajar Gen Z.
8.	Jensen & McConchie (2020)	Monograf praktik berbasis bukti	<i>Brain-based learning</i>	Strategi pembelajaran aktif berbasis otak.	Gunakan gerak dan keterlibatan sosial.	Sangat relevan dengan metode belajar interaktif Gen Z.
9.	Makowski dkk. (2024)	Metodologis (ABCD)	Prediksi perilaku <i>neuroimaging</i>	Peta ABCD meningkatkan prediksi perilaku.	Gunakan basis data neuro-remaja besar.	Memberi landasan neurosains remaja Gen Z Indonesia.
10.	Marek dkk. (2025)	Pengukuran (ABCD)	Regulasi diri remaja	Konstruksi regulasi diri terukur valid.	Gunakan alat ukur regulasi diri.	Panduan evaluasi kematangan emosional Gen Z Indonesia.
11.	Cadime dkk. (2024)	Tinjauan ilmiah	Perkembangan kognitif & bahasa	Menjelaskan fase perkembangan normatif.	Sesuaikan instruksi dengan fase perkembangan.	Relevan untuk kurikulum berjenjang SD-SMA.
12.	Bango dkk. (2025)	Neuroimaging (ABCD)	Nyeri & materi abu-abu remaja	Nyeri berkorelasi dengan struktur otak.	Perhatikan faktor afektif dalam belajar.	Meningkatkan kesadaran kesehatan mental remaja

## Domain Pembelajaran Generasi Z

13.	Albadi & Zollinger (2021)	Survei kuantitatif	Gaya belajar Gen Z	Visual & kolaboratif dominan	Gunakan desain instruksional visual-kolaboratif	Memetakan preferensi belajar Gen Z untuk desain pembelajaran
14.	DiMattio & Hudacek (2020)	Analisis regresi	Kepuasan lingkungan klinik Gen Z	Otonomi & umpan balik meningkatkan kepuasan.	Kembangkan pembelajaran <i>self-paced</i> dengan <i>feedback</i> .	Cerminkan kebutuhan otonomi & fleksibilitas mahasiswa Indonesia.
15.	Dwidienawati & Gandasari (2018)	Survei deskriptif	Profil karakter & perilaku	<i>Digital-native</i> ; adaptif namun cenderung impersonal	Pendekatan humanistik & kolaboratif di kampus	Konteks kultural & perilaku Gen Z lokal
16.	Jaleniauskienė & Juceviciene (2015)	Konseptual/ulasan	Lingkungan belajar untuk Gen Z	Perlu fleksibilitas, konstruktivisme, integrasi TIK	Redesign ekosistem kampus personal-learning	Kebutuhan fleksibilitas & personalisasi belajar Gen Z
17.	Persadadkk. (2019)	Survei + SEM (UTAUT)	Penerimaan e-learning Gen Z	Kondisi pendukung berpengaruh signifikan.	Perkuat infrastruktur dan dukungan IT.	Langsung menggambarkan perilaku Gen Z Indonesia online.
18.	Tolstikovadkk. (2023)	Survei eksplanatori	Perilaku jaringan Gen Z	Kompetensi komunikasi online berkorelasi positif.	Integrasikan pelatihan komunikasi digital.	Mendukung kecakapan komunikasi virtual pelajar Indonesia.
19.	Dwinggo Samaladkk. (2024)	<i>Systematic literature review</i>	Sosial media dalam pendidikan	Peran dan risiko media sosial terpetakan.	Tetapkan panduan penggunaan media sosial pendidikan.	Konteks langsung Gen Z Indonesia yang dominan media sosial.
20.	Halkiopoulos & Gkintoni (2024)	Analisis sistematis	AI untuk personalisasi & asesmen adaptif	AI mendukung personalisasi berbasis kognisi	Kembangkan pembelajaran adaptif berbasis AI.	Sejalan dengan transformasi AI di pendidikan nasional.
21.	Nurdkk. (2023)	Survei	Sumber daring utk speaking English	Kenikmatan & motivasi naik via VLE	Integrasikan VLE dalam kurikulum bahasa	Motivasi/kenikmatan belajar Gen Z via VLE
22.	Suharjadkk. (2024)	Kuasi-eksperimen	<i>Brain-based learning</i> (open-ended) Matematika	Paham konsep meningkat	Skala-up model BBL di pelajaran STEM	Peningkatan pemahaman konsep siswa Gen Z

Domain Teori dan Kebijakan Pengembangan <i>Human Capital</i>						
23.	Schultz (1961)	Teori/empiris	Investasi modal manusia	Pendidikan = investasi produktif.	Fokus pada return pendidikan.	Landasan teoritis kebijakan SDM nasional.
24.	Becker (1993)	Monograf teoretis	Teori human capital (ed.3)	Pendidikan & pelatihan → produktivitas	Dorong ekspansi HE/VET.	Kerangka utama penguatan human capital Indonesia.
25.	Heckman & Kautz (2012)	Tinjauan empiris	Soft skills & outcomes	Soft skills prediktor kuat & bisa dikembangkan	Integrasi soft skills ke kurikulum/asesmen	Menegaskan peran kecakapan non-kognitif Gen Z.
26.	Indrawati & Kuncoro (2021)	Analisis kebijakan	Vokasi & perguruan tinggi utk daya saing	Menguraikan agenda SDM 2019–2024.	Sinergi VET–industri & penjaminan mutu.	Langsung relevan dengan strategi SDM Indonesia 2045.
27.	Thye dkk. (2022)	Ekonometrik (NARDL)	Human capital & ketimpangan	Investasi HC kurangi ketimpangan	Kebijakan akses & pemerataan pendidikan	Urgensi akses pendidikan/adil bagi Gen Z
28.	Deffinika dkk. (2021)	Analisis indeks & korelasi	HE, daya saing & HDI	HE berkorelasi dgn peningkatan HDI	Fokus mutu & relevansi pendidikan tinggi	Peran pendidikan tinggi membentuk daya saing Gen Z

### Prosedur Analisis dan Sintesis Literatur.

Analisis dilakukan melalui tiga tahap utama: identifikasi, kategorisasi, dan sintesis. Pertama, seluruh literatur yang relevan dikategorikan ke dalam tiga domain utama, yaitu neuropsikologi pendidikan (micro level), institusi pendidikan dan proses belajar (macro level), serta kebijakan SDM nasional (makro level). Kedua, dilakukan analisis tematik untuk menelusuri keterkaitan antarkonsep, misalnya antara *neuroplasticity* dan pembentukan kompetensi, atau antara *brain-based learning* dan kreativitas Gen Z. Ketiga, dilakukan sintesis konseptual lintas domain untuk merumuskan kerangka teoritik baru. Pendekatan ini

mengacu pada teknik *concept-centric synthesis* yang direkomendasikan dalam penelitian konseptual interdisipliner (Snyder, 2019; Torraco, 2005). Proses ini menghasilkan pemetaan hubungan antara potensi neuropsikologis individu, strategi pendidikan adaptif, dan kebijakan pembangunan SDM yang berdaya saing global.

**Validitas Konseptual dan Kredibilitas Kajian.** Untuk menjaga validitas konseptual, setiap literatur yang digunakan diverifikasi melalui tiga kriteria: (a) kekuatan metodologis sumber, (b) kesesuaian konteks dengan karakteristik Gen Z Indonesia, dan (c) konvergensi teori lintas disiplin. Validitas

internal dijaga dengan membandingkan hasil temuan dari berbagai sumber untuk memastikan konsistensi argumen antara teori neurosains (Immordino-Yang, 2016; Jensen & McConchie, 2020), teori pembelajaran generasional (Albadi & Zollinger, 2021; Dwidienawati & Gandasari, 2018), serta teori *human capital* klasik (Becker, 1993; Schultz, 1961). Kredibilitas hasil sintesis diperkuat dengan memasukkan laporan empiris dan indikator daya saing global (OECD, 2024; WEF, 2020) sebagai pembanding eksternal. Pendekatan triangulasi literatur ini memastikan bahwa model konseptual yang dihasilkan tidak hanya kuat secara teoretis, tetapi juga relevan secara praktis dalam konteks pembangunan SDM Indonesia di era digital.

**Tujuan Analisis.** Tujuan akhir analisis ini adalah membangun model konseptual “*Neuropsychology-Based Human Capital Framework*” sebagai kerangka integratif antara fungsi otak, lingkungan belajar, dan kebijakan SDM nasional. Model ini dirancang untuk menghubungkan proses neurokognitif individu Gen Z (micro level) dengan dinamika institusi pendidikan (meso level) serta arah strategis kebijakan SDM bangsa (macro level). Dengan pendekatan ini, diharapkan kajian dapat memberikan kontribusi teoritis dalam memperluas *Human Capital Theory* dengan dimensi neuropsikologis, sekaligus memberikan landasan praktis bagi perancangan kebijakan pendidikan yang adaptif, kreatif, dan berorientasi pada daya saing global.

## HASIL

### *Temuan Sintesis Literatur*

Sintesis literatur yang dilakukan mengindikasikan bahwa pada masa remaja, fase perkembangan yang sedang dialami oleh mayoritas Gen Z, otak masih menunjukkan tingkat *neuroplasticity* yang relatif tinggi dan sensitivitas besar terhadap rangsangan multisensori. Berdasarkan kajian neurosains perkembangan dan pendidikan, karakteristik ini secara konseptual mendukung asumsi bahwa pelajar Gen Z berpotensi merespons dengan baik pembelajaran berbasis pengalaman, visual, dan interaktif, meskipun bukti empiris langsung mengenai fungsi otak Gen Z sebagai kohort tersendiri masih terbatas. Penelitian neurosains pendidikan seperti yang dikemukakan oleh Immordino-Yang (2016) dan Jensen dan McConchie (2020) menegaskan bahwa struktur dan fungsi otak remaja modern berkembang dinamis seiring intensitas interaksi dengan teknologi, lingkungan sosial, serta konteks emosional pembelajaran. Ciri khas Gen Z sebagai *digital natives* mendorong terbentuknya konektivitas neuron yang berbeda dari generasi sebelumnya, terutama pada area *prefrontal cortex* dan *hippocampus* yang berperan dalam pengambilan keputusan, fokus, serta daya ingat jangka panjang. Temuan ini sejalan dengan studi *Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD)* yang mengidentifikasi korelasi antara pengalaman emosional dan volume materi abu-abu pada remaja digital (Bango dkk., 2025), menegaskan pentingnya keseimbangan antara stimulasi kognitif dan kesehatan neural dalam proses

belajar Gen Z. Keterkaitan antara stimulasi visual, kecepatan informasi, dan impuls neurologis menciptakan pola belajar yang cepat, namun juga menuntut strategi regulasi emosi agar tetap stabil dan produktif di tengah beban kognitif tinggi.

Hasil telaah juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *neuroscience* dalam pendidikan dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran Generasi Z secara signifikan. Penerapan prinsip *brain-based learning* (Jensen & McConchie, 2020) dan *adaptive cognitive stimulation* (Paraskevopoulos dkk., 2024) terbukti mampu memperkuat memori kerja, fleksibilitas kognitif, serta kapasitas pemecahan masalah. Penelitian dari Tovar-Moll dan Lent (2016) menegaskan bahwa berbagai bentuk *neuroplasticity*, baik sinaptik, fungsional, maupun struktural, dapat dioptimalkan melalui desain pembelajaran yang memadukan aktivitas multisensori dan refleksi metakognitif. Dalam konteks Indonesia, hal ini membuka peluang bagi sistem pendidikan untuk mengintegrasikan pembelajaran berbasis otak (*brain-informed pedagogy*) sebagai strategi pembangunan kapasitas SDM yang adaptif terhadap transformasi digital dan ekonomi berbasis pengetahuan.

Lebih lanjut, sintesis literatur lintas bidang, meliputi psikologi, pendidikan, dan kebijakan ekonomi, menunjukkan keterkaitan erat antara perkembangan kognitif Gen Z dan pembentukan *human capital* unggul. Teori *Human Capital* (Becker, 1993; Schultz, 1961) memperoleh dimensi baru ketika dikontekstualisasikan melalui temuan

neuropsikologi kontemporer. Kompetensi seperti kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan berpikir kritis tidak hanya terbentuk melalui pendidikan formal, tetapi juga melalui proses biologis yang dipengaruhi oleh stimulasi otak, regulasi emosi, dan lingkungan sosial digital (Caballero dkk., 2023; Immordino-Yang, 2016). Dengan demikian, investasi pendidikan tidak hanya mencakup aspek ekonomi, tetapi juga aspek neurologis, yang menegaskan bahwa pengembangan SDM harus dimulai dari cara otak belajar, beradaptasi, dan mencipta.

### ***Model Integratif: Neuropsychology-Based Human Capital Framework***

Berdasarkan hasil sintesis tematik literatur terpilih, dibangun model konseptual yang mengintegrasikan neuropsikologi pendidikan, institusi pembelajaran, dan kebijakan SDM nasional. Model ini dinamakan *Neuropsychology-Based Human Capital Framework*, yang merepresentasikan keterhubungan antara potensi kognitif individu, ekosistem pendidikan, dan strategi kebijakan makro. Pada tingkat mikro (individual), kerangka ini menempatkan otak Gen Z sebagai pusat pengembangan kompetensi adaptif melalui *brain-based learning* dan *emotional regulation*. Pada tingkat meso (institusional), sekolah dan universitas berperan sebagai laboratorium neurokognitif yang mendorong inovasi pedagogi digital, kolaborasi lintas disiplin, serta pembelajaran kontekstual. Sementara itu, pada tingkat makro (nasional), kebijakan pendidikan dan SDM harus berorientasi pada pembangunan kapasitas

neuropsikologis bangsa, bukan sekadar keterampilan teknis semata.

Model integratif ini memperluas teori *Human Capital* (Becker, 1993) dengan memasukkan dimensi biologis dan psikologis sebagai fondasi baru pembentukan kompetensi manusia. Dalam konteks *Industry 4.0* dan *Society 5.0*, kemampuan beradaptasi, berpikir kritis, dan berinovasi ditentukan oleh kesehatan neuropsikologis individu. Dengan demikian, *neuroeducation* menjadi jembatan yang menghubungkan potensi otak dengan produktivitas ekonomi dan sosial. Temuan dari Bonilla-Sánchez (2024) dan Halkiopoulos dan Gkintoni (2024) memperkuat pandangan ini dengan menunjukkan bahwa integrasi *cognitive neuropsychology* dalam sistem pembelajaran dapat meningkatkan motivasi intrinsik dan ketahanan mental. Model ini, jika diimplementasikan secara sistematis, berpotensi mengubah paradigma pembangunan SDM Indonesia dari sekadar kuantitatif menuju kualitatif, berbasis pada kecerdasan otak dan keseimbangan emosional.

**Tabel 2. Komponen Utama  
*Neuropsychology-Based Human Capital  
Framework***

Level	Fokus Utama	Strategi Implementasi
Mikro (Individual)	<i>Neuroplasticity</i> , kognisi, emosi	<i>Brain-based learning</i> , regulasi emosi, pembelajaran adaptif
Meso (Institusi Pendidikan)	<i>Neuroeducation &amp; digital pedagogy</i>	Kurikulum berbasis <i>neuroscience</i> , pelatihan guru, lingkungan belajar kreatif

Makro (Kebijakan SDM Nasional)	Pembangunan <i>human capital</i>	Kebijakan berbasis kompetensi, penguatan kreativitas, dan inovasi nasional
--------------------------------	----------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

### ***Alur Konseptual***

Alur konseptual penelitian ini menggambarkan proses transformatif dari optimalisasi potensi otak Generasi Z hingga menjadi daya saing global bangsa. Proses ini dituangkan dalam kerangka *Neuropsychology-Based Human Capital Framework*, yang menjelaskan bagaimana potensi neurokognitif individu dapat dikonversi menjadi kapasitas produktif dan inovatif bangsa melalui interaksi antara faktor biologis, pedagogis, dan kebijakan publik.

Tahapan pertama dimulai dari Otak Gen Z: Potensi Neurokognitif Tinggi, yang ditopang oleh *neuroplasticity*, yaitu kemampuan otak untuk beradaptasi dan membentuk koneksi baru sebagai respons terhadap pengalaman belajar. Potensi ini menjadi dasar bagi kemampuan belajar, beradaptasi, dan berkreasi generasi muda.

Selanjutnya, tahap Optimalisasi Belajar menekankan penerapan *brain-based learning* dan *emotional regulation* sebagai pendekatan pembelajaran yang memanfaatkan prinsip neurosains. Pada tahap ini, *adaptive cognitive stimulation* berperan penting dalam mengasah fleksibilitas berpikir, sementara kolaborasi dan penguatan *soft skills* menjadi katalis dalam membentuk kecerdasan sosial dan emosional peserta didik. Dengan demikian, proses belajar tidak sekadar transfer pengetahuan, tetapi

pembentukan *neural habitus* yang menumbuhkan kreativitas, empati, dan resiliensi.

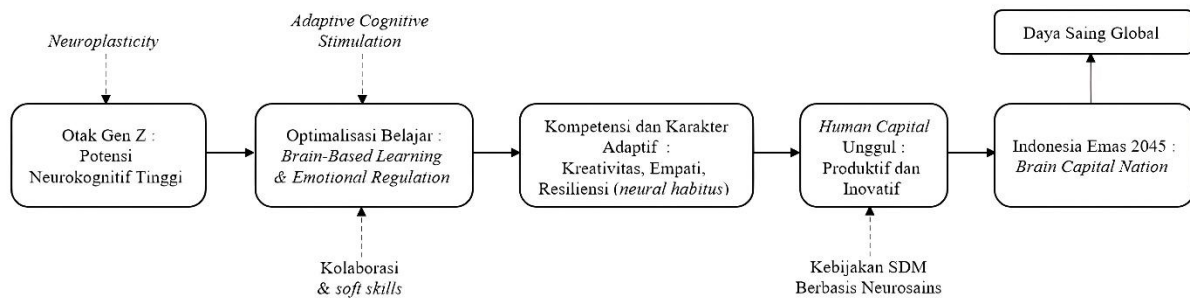
Tahap berikutnya adalah pembentukan Kompetensi dan Karakter Adaptif, yang merepresentasikan hasil dari interaksi antara potensi biologis dan lingkungan belajar. Kompetensi ini mencakup daya cipta, kemampuan berpikir kritis, empati sosial, serta ketahanan psikologis, yang menjadi fondasi utama dalam pengembangan *Human Capital* Unggul, yaitu individu yang produktif, inovatif, dan adaptif terhadap perubahan sosial-ekonomi.

Pada tahap ini, kebijakan SDM berbasis neurosains berperan sebagai faktor penguat yang menjembatani hasil pembelajaran dengan sistem nasional. Integrasi pendekatan ilmiah tentang fungsi otak ke dalam kebijakan pendidikan dan ketenagakerjaan memastikan

bahwa pengembangan SDM berlangsung berbasis bukti (*evidence-based human development*).

Transformasi tersebut mencapai puncaknya pada tahap Indonesia Emas 2045: *Brain Capital Nation*, di mana seluruh rantai proses menghasilkan daya saing global berbasis otak (*brain-based competitiveness*). Pada level ini, daya saing global tidak hanya ditentukan oleh inovasi teknologi atau ekonomi, tetapi juga oleh kualitas neurokognitif dan afektif warga negaranya, yakni kemampuan berpikir adaptif, kolaboratif, dan kreatif.

Untuk memperjelas alur berpikir model ini, Gambar 2 menyajikan representasi visual dari proses konseptual tersebut, mulai dari potensi neurokognitif Gen Z hingga kontribusinya terhadap visi Indonesia Emas 2045.



Gambar 2. Alur Konseptual *Neuropsychology-Based Human Capital Framework*

Model ini menegaskan bahwa pembangunan SDM unggul harus dimulai dari fondasi biologis otak manusia dan dikembangkan melalui sistem pendidikan yang memperkuat fungsi kognitif, emosional, dan sosial. Dengan integrasi antara neurosains, pendidikan, dan kebijakan SDM nasional, Generasi Z tidak sekadar menjadi bonus demografi, tetapi aset neuropsikologis strategis

dalam mewujudkan visi Indonesia Emas 2045 yang akan berperan sebagai kekuatan global, mengukuhkan posisi Indonesia di panggung dunia.

## DISKUSI

### *Implikasi Teoretis*

Kajian ini memperluas pemahaman teoretis tentang hubungan antara fungsi otak dan pembelajaran generasi muda di era digital. Secara neuropsikologis, literatur tentang perkembangan otak remaja mengindikasikan bahwa fase usia yang ditempati mayoritas Gen Z masih memiliki *neuroplasticity* relatif tinggi, sehingga mereka berpotensi belajar dan beradaptasi secara cepat dengan dinamika lingkungan digital (Cadime dkk., 2024; Weyandt dkk., 2020). Struktur kognitif mereka dibentuk oleh intensitas interaksi dengan media visual dan multimodal, sebagaimana dikonfirmasi oleh *Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD) Study* yang menunjukkan peningkatan aktivitas di area *prefrontal cortex* remaja digital (Makowski dkk., 2024; Marek dkk., 2025). Implikasi teoretisnya adalah bahwa teori belajar konvensional perlu direvisi untuk mengakomodasi dimensi biologis pembelajaran. Pendekatan diagnostik seperti yang dikemukakan oleh Pennington dkk. (2019) memberikan kerangka ilmiah dalam memahami gangguan belajar serta perbedaan individu melalui analisis neuropsikologis, yang dapat diadaptasi dalam desain pembelajaran inklusif bagi Gen Z. Dengan demikian, pendidikan bukan hanya aktivitas mental, tetapi proses neurobiologis yang dapat dioptimalkan melalui desain pengalaman belajar yang sesuai dengan pola kerja otak Gen Z.

Temuan ini juga memperkaya teori *Educational Neuropsychology* (Berninger &

Abbott, 1992; Gaddes, 1983) dengan memperkenalkan konteks generasi digital. Jika pada awalnya teori tersebut menekankan pentingnya pemrosesan informasi dan memori kerja, maka dalam konteks Gen Z, fokusnya bergeser pada kemampuan integratif antara kognisi, emosi, dan atensi. Sebagaimana dikemukakan oleh Murphy dan Benton (2010), bidang *educational neuropsychology* masih menyimpan potensi besar namun belum sepenuhnya terealisasi, terutama dalam menjembatani temuan neurosains dengan praktik pendidikan modern. Penelitian Chang dkk. (2023) menunjukkan bahwa lingkungan sosial dan teknologi berpengaruh langsung terhadap perkembangan kemampuan non-kognitif seperti empati dan regulasi diri. Oleh karena itu, pendekatan neuropsikologi kontemporer menempatkan keseimbangan antara *executive function* dan *emotional regulation* sebagai dasar pembentukan karakter dan identitas belajar. Pandangan ini didukung oleh pengembangan CENA Program oleh Pureza & Fonseca (2017), yang menunjukkan bahwa pelatihan fungsi eksekutif dan perhatian berbasis neuropsikologi dapat meningkatkan regulasi diri dan keterlibatan belajar peserta didik. Hal ini menjelaskan mengapa strategi pembelajaran yang berorientasi pada keseimbangan emosional lebih efektif daripada sekadar peningkatan akademik. Hal ini sejalan dengan kerangka neuroperkembangan yang menempatkan regulasi emosi sebagai kapasitas kunci yang terus berkembang selama masa remaja dan dewasa muda, dipengaruhi oleh maturasi sirkuit fronto-limbik serta konteks lingkungan (Caballero dkk., 2023). Karena itu,

desain pembelajaran bagi Gen Z perlu memasukkan dukungan regulasi emosi, bukan hanya stimulasi kognitif.

Dari sisi psikologi pendidikan, hasil sintesis ini juga menegaskan pentingnya *emotional neuroscience* dalam proses pembentukan motivasi belajar. Immordino-Yang (2016) menekankan bahwa emosi bukan gangguan dalam berpikir, melainkan bahan bakar bagi kognisi yang efektif. Dalam konteks Gen Z, stimulasi afektif melalui lingkungan digital interaktif memicu aktivasi *limbic system* yang berhubungan dengan keterlibatan dan motivasi belajar. Ketika pendidikan dirancang selaras dengan respons afektif otak, maka proses internalisasi nilai, moral, dan disiplin menjadi lebih kuat. Selain itu, Rico González (2024) menyoroti peran neuropsikologi pendidikan dalam pencegahan perilaku sosial negatif melalui penguatan regulasi diri dan empati, mempertegas fungsi preventif pendidikan berbasis otak dalam konteks sosial. Dengan demikian, kajian ini menegaskan bahwa pendidikan masa depan perlu memadukan aspek neurobiologis dan afektif untuk membentuk kompetensi holistik yang mendukung *human capital* unggul.

Secara konseptual, hasil penelitian ini memberikan kontribusi baru terhadap teori *Human Capital* klasik (Becker, 1993; Schultz, 1961) dengan menambahkan dimensi neuropsikologis sebagai fondasi biologis pembentukan modal manusia. Jika teori awal memandang pendidikan sebagai investasi ekonomi, maka kerangka baru ini melihat pendidikan sebagai investasi neurologis yang menghasilkan kapasitas adaptasi, kreativitas,

dan daya inovasi. Pandangan ini diperkuat oleh analisis Thye dkk. (2022) yang menunjukkan bahwa pengembangan *human capital* di Indonesia juga berimplikasi pada ketimpangan pendapatan, sehingga investasi pendidikan perlu diarahkan tidak hanya pada aspek ekonomi, tetapi juga pada kualitas neurokognitif dan kesetaraan sosial. Pendekatan ini juga sejalan dengan pandangan Qiu dkk. (2024) yang menyatakan bahwa kualitas *human capital* modern bergantung pada kemampuan kognitif, sosial, dan emosional yang saling terintegrasi. Oleh karena itu, integrasi antara neuropsikologi dan teori pembangunan manusia tidak hanya memperkaya kerangka ilmiah, tetapi juga membuka jalan bagi konsep baru, yaitu *Neuropsychology-Based Human Capital Theory*.

### ***Implikasi Praktis***

Secara praktis, hasil kajian ini menegaskan bahwa pembelajaran yang berorientasi pada otak (*brain-based learning*) dan berbasis teknologi digital adalah kunci dalam mengoptimalkan potensi Gen Z. Sebagai *digital natives*, pelajar Gen Z di Indonesia menunjukkan preferensi kuat pada ekosistem belajar berbasis platform dan multimodal, yang berdampak pada strategi pengajaran yang efektif di kelas digital (Nur dkk., 2023). Generasi ini memiliki kecenderungan kuat terhadap pengalaman belajar yang interaktif dan multimodal (Dwinggo Samala dkk., 2024; Persada dkk., 2019). Oleh karena itu, model pembelajaran konvensional perlu diubah menjadi sistem yang adaptif terhadap respons

neurokognitif siswa. Pendekatan seperti *adaptive cognitive stimulation* dan *real-time EEG-based learning feedback* (Beauchemin dkk., 2024) dapat diterapkan untuk menyesuaikan kecepatan dan gaya belajar siswa. Implementasi praktisnya, misalnya, melalui *learning analytics platform* yang memonitor atensi siswa dan menyesuaikan materi secara otomatis berdasarkan beban kognitif. Pendekatan ini bukan sekadar inovasi teknologi, melainkan penerapan langsung dari prinsip neuropsikologi pendidikan di ruang kelas abad ke-21.

Pendidikan tinggi di Indonesia juga dapat memanfaatkan hasil kajian ini dengan mengintegrasikan *neuroeducation* ke dalam kurikulum pedagogi dan pelatihan guru. Penelitian Suharja dkk. (2024) membuktikan bahwa *brain-based learning* mampu meningkatkan pemahaman konseptual dalam pembelajaran matematika ketika guru diberi pelatihan tentang mekanisme kerja otak. Begitu pula, Romlah dkk. (2023) menegaskan pentingnya kebijakan pendidikan gratis yang disertai dengan peningkatan kualitas pembelajaran berbasis neurosains agar pemerataan akses diikuti dengan peningkatan mutu. Contoh teknisnya dapat berupa penggunaan *neuro-didactic module* dalam pelatihan calon pendidik yang menekankan aspek memori, atensi, dan regulasi emosi. Dengan demikian, penerapan neuropsikologi pendidikan tidak hanya membentuk individu cerdas, tetapi juga menciptakan sistem pengajaran yang empatik dan adaptif terhadap karakteristik generasi baru.

Di tingkat makro, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penerapan *cognitive neuropsychology* juga relevan untuk pengembangan kebijakan SDM nasional. Ponce Rojo dkk. (2025) memperkenalkan konsep *AI natives* yang menggambarkan generasi muda yang bukan hanya pengguna teknologi, tetapi juga pencipta algoritme berpikir berbasis kecerdasan buatan. Dalam konteks ini, kebijakan pendidikan harus diarahkan pada pengembangan literasi kognitif dan etika digital berbasis *neuroscience*. Halkiopoulos dan Gkintoni (2024) menambahkan bahwa kecerdasan buatan dapat dimanfaatkan untuk asesmen adaptif berbasis *neural response*, sehingga evaluasi belajar menjadi lebih objektif dan personal. Di Indonesia, konsep ini dapat diimplementasikan melalui kolaborasi antara Kementerian Pendidikan, BRIN, dan industri teknologi dalam mengembangkan *Neurolearning Platform* untuk mendeteksi dan menstimulasi potensi kognitif siswa sejak dini.

Secara keseluruhan, implikasi praktis dari penelitian ini adalah perlunya transformasi sistem pendidikan Indonesia dari berbasis konten menjadi berbasis otak. Model pembelajaran yang memanfaatkan *neurofeedback*, *AI-driven adaptive learning*, serta pelatihan guru berbasis neuropsikologi dapat menjadi langkah konkret dalam menciptakan *human capital* unggul. Hal ini sejalan dengan pandangan Kowal dan Paliwoda-Pękosz (2017) dan Leikuma-Rimicane dkk. (2022) yang menekankan bahwa daya saing global bangsa tidak hanya ditentukan oleh pengetahuan teknis, tetapi juga oleh kemampuan neurokognitif dan

keseimbangan emosional warga negaranya. Dengan demikian, integrasi antara pendidikan, teknologi, dan neurosains bukan hanya pilihan akademik, tetapi keniscayaan strategis untuk memastikan Gen Z menjadi motor penggerak menuju Indonesia Emas 2045.

### ***Implikasi Strategis***

Secara strategis, hasil kajian ini menegaskan bahwa pembangunan SDM Indonesia perlu bertransformasi dari pendekatan administratif ke pendekatan berbasis *neuropsychology-driven human capital*. Pendekatan ini menggeser fokus kebijakan dari sekadar peningkatan akses pendidikan menuju optimalisasi potensi otak generasi muda sebagai aset nasional. Data OECD (2024) menunjukkan bahwa negara dengan kebijakan pendidikan berbasis riset kognitif memiliki tingkat produktivitas dan inovasi yang lebih tinggi. Dalam konteks Indonesia, strategi ini berarti pendidikan harus menjadi arena untuk membentuk kapasitas berpikir adaptif, bukan hanya kemampuan menghafal. Integrasi antara teori *human capital* klasik (Becker, 1993; Schultz, 1961) dan temuan neuropsikologi modern menciptakan fondasi baru: SDM bukan sekadar tenaga kerja, melainkan sistem biologis yang dapat dilatih untuk mencipta, beradaptasi, dan berinovasi.

Implikasi strategis berikutnya adalah perlunya sinkronisasi antara sistem pendidikan, riset neurosains, dan kebijakan ekonomi nasional. Indrawati dan Kuncoro (2021) menegaskan bahwa daya saing SDM Indonesia sangat bergantung pada kesesuaian antara *human capital policy* dan kebutuhan industri

berteknologi tinggi. Dengan memasukkan perspektif neuropsikologi, kebijakan pendidikan dapat diarahkan untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, *emotional resilience*, dan inovasi kolektif yang menjadi ciri utama ekonomi kreatif. Misalnya, universitas dapat berperan sebagai *neurolarning hub*, yaitu pusat riset pembelajaran otak yang bekerja sama dengan sektor industri dan pemerintah. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat kesiapan kerja lulusan, tetapi juga menciptakan ekosistem pembelajaran berkelanjutan yang menumbuhkan SDM kreatif dan tangguh di tengah disrupsi teknologi.

Dari perspektif pembangunan berkelanjutan, penelitian ini juga memperkuat temuan Qiu dkk. (2024) dan Suhatman dkk. (2024) bahwa *human capital* berkualitas tinggi memiliki efek ganda terhadap pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan. Dalam kerangka *green human capital*, integrasi antara kesadaran ekologis dan kecerdasan neuropsikologis menciptakan individu yang mampu berinovasi secara etis dan berkelanjutan. Hal ini relevan bagi Indonesia, di mana bonus demografi dapat menjadi keunggulan kompetitif jika diarahkan pada pengembangan *eco-neuroscience-based innovation*, misalnya melalui program pendidikan sains lingkungan berbasis simulasi otak dan *experiential learning*. Dengan demikian, kebijakan SDM yang berpijak pada neurosains bukan hanya membentuk pekerja unggul, tetapi juga warga negara yang sadar lingkungan dan berempati sosial.

Secara makro, strategi pembangunan SDM berbasis neuropsikologi juga berimplikasi langsung pada posisi Indonesia di panggung global. Laporan World Economic Forum, (2019, 2020) menunjukkan bahwa inovasi dan kapasitas kognitif merupakan indikator utama dalam indeks daya saing global. Penelitian Deffinika dkk. (2021) menambahkan bahwa pendidikan tinggi memiliki peran kunci dalam membangun talent *competitiveness* nasional. Oleh karena itu, investasi pemerintah dalam riset otak, pendidikan berbasis *neuroscience*, dan *talent incubation center* harus menjadi prioritas strategis dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN). Dengan memadukan pendekatan ekonomi dan neurosains, Indonesia dapat beralih dari paradigma tenaga kerja ke paradigma *brain capital nation*, yaitu sebuah bangsa yang bertumpu pada kekuatan otak kolektif generasinya untuk bersaing secara global.

### ***Integrasi Kerangka Konseptual ke dalam Kebijakan Nasional***

Integrasi *Neuropsychology-Based Human Capital Framework* pada aras kebijakan menuntut penataan ulang prioritas pembangunan SDM dari sekadar perluasan akses menuju penguatan kualitas proses belajar berbasis kerja otak. Dalam kerangka ini, pemerintah dapat menetapkan *National Neuroeducation Roadmap* yang mengikat tiga poros: riset neurosains pendidikan, pengembangan kurikulum adaptif, dan pelatihan guru berbasis regulasi emosi serta fungsi eksekutif. Orientasi tersebut sejalan

dengan gagasan *human capital* yang menempatkan pendidikan sebagai investasi produktif, tetapi dengan perluasan dimensi neurokognitif sehingga manfaatnya tidak hanya pada akumulasi keterampilan, melainkan peningkatan kapasitas belajar sepanjang hayat (Becker, 1993; Nadezhina & Avduevskaya, 2023; Schultz, 1961). Dalam konteks daya saing nasional, penguatan kualitas pembelajaran yang menysasar atensi, memori, dan kreativitas berkelindan dengan temuan internasional bahwa penguasaan kompetensi kognitif-sosial menjadi pengungkit produktivitas dan inovasi negara berkembang (OECD, 2024; World Economic Forum, 2020). Dengan demikian, kerangka konseptual ini memberi landasan normatif sekaligus operasional bagi pergeseran paradigma kebijakan pendidikan dari *input-based* menuju *brain-informed policy*.

Implementasi kebijakan memerlukan perangkat yang nyata dan terukur. Pertama, pengarusutamaan *brain-based learning* ke dalam Kurikulum Merdeka dapat dilakukan melalui standar proses yang menuntun guru menerapkan strategi multisensori, *retrieval practice*, dan *cognitive apprenticeship* untuk memperkuat plastisitas sinaptik dan fleksibilitas kognitif peserta didik (Jensen & McConchie, 2020; McGann, 2015; Weyandt dkk., 2020). Kedua, sistem asesmen nasional dapat diperkaya dengan indikator regulasi emosi, kolaborasi, dan pemecahan masalah, sejalan dengan bukti bahwa *soft skills* berdampak nyata pada produktivitas dan partisipasi kerja (Heckman & Kautz, 2012; Schislyaeva & Saychenko, 2022). Ketiga,

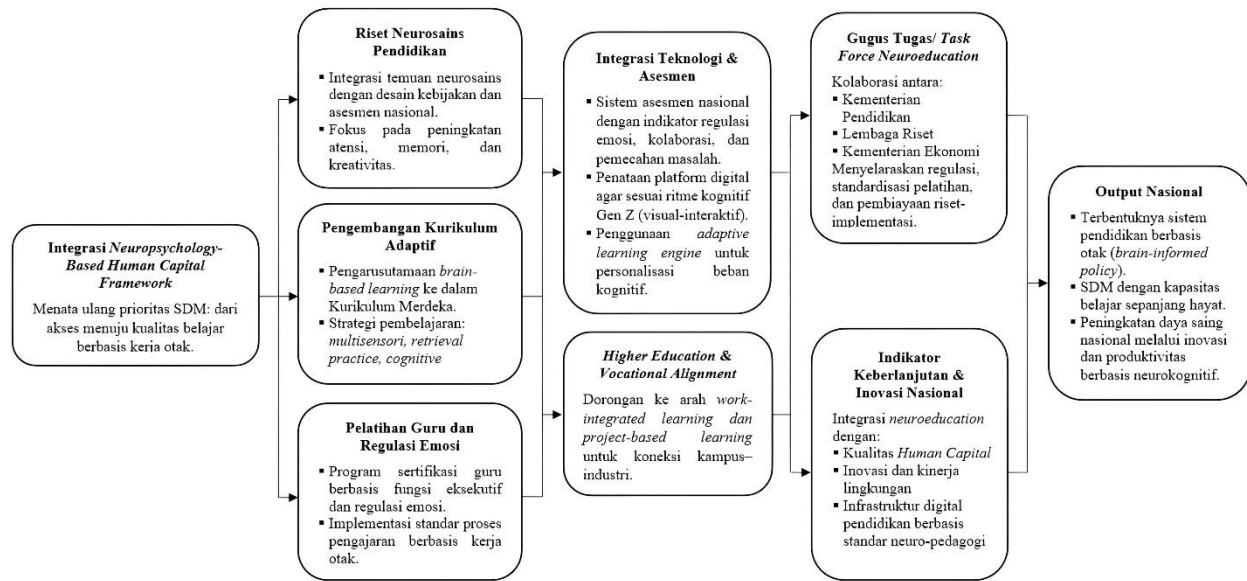
platform pembelajaran digital yang dipakai secara luas di sekolah perlu ditata agar selaras dengan ritme kognitif Gen Z yang visual-interaktif, sebagaimana preferensi dan perilaku jaringan mereka di lingkungan daring (Albadi & Zollinger, 2021; Tolstikova dkk., 2023). Kebijakan yang mengikat tiga instrumen ini akan menutup jarak antara rancangan konseptual dan praktik kelas.

Selain kurikulum dan asesmen, perangkat pendukung kebijakan harus menjawab tantangan diferensiasi kemampuan dan beban kognitif. Kebijakan pengadaan dan akreditasi perangkat EdTech dapat mensyaratkan *adaptive learning engine* yang menyesuaikan kecepatan dan kedalaman materi berdasarkan indikator beban kognitif serta keterlibatan, sejalan dengan bukti bahwa umpan balik neurofisiologis pasif dapat mengatur kecepatan belajar secara *real-time* (Beauchemin dkk., 2024). Di pendidikan tinggi dan vokasi, dorongan kebijakan ke arah pembelajaran berbasis proyek dan *work-integrated learning* dapat memperkuat transisi kompetensi dari kampus ke industri, yang sebelumnya diidentifikasi sebagai prasyarat peningkatan daya saing talenta Indonesia (Deffinika dkk., 2021; Indrawati & Kuncoro, 2021). Dengan menautkan teknologi adaptif dan pengalaman belajar autentik, kebijakan memastikan bahwa nilai tambah neurokognitif terkonversi menjadi kesiapan kerja yang relevan.

Akhirnya, tata kelola kebijakan perlu dirancang lintas lembaga agar keberlanjutan

terjaga. Kementerian pendidikan, lembaga riset, dan kementerian ekonomi dapat membentuk gugus tugas *neuroeducation* untuk menyelaraskan regulasi, standardisasi pelatihan, dan skema pembiayaan riset-implementasi. Desain kebijakan juga sebaiknya memasukkan indikator keberlanjutan, mengingat literatur menunjukkan sinergi antara kualitas *human capital*, inovasi, dan kinerja lingkungan melalui kolaborasi institusional (Qiu dkk., 2024; Suhatman dkk., 2024). Di tingkat makro, pemanfaatan TIK yang terarah terbukti berkorelasi dengan pertumbuhan dan daya saing, sehingga investasi pada infrastruktur digital pendidikan harus diikat dengan standar pedagogi berbasis otak agar dampak ekonominya maksimal (Kowal & Paliwoda-Pękosz, 2017; World Economic Forum, 2019). Dengan model tata kelola ini, kerangka konseptual tidak berhenti sebagai *blueprint*, melainkan menjadi mekanisme perubahan yang terukur.

Untuk memperjelas tahapan implementatif dari kerangka tersebut, Gambar 3 menyajikan alur implementasi *National Neuroeducation Roadmap* yang menggambarkan integrasi antara riset neurosains pendidikan, pengembangan kurikulum adaptif, pelatihan guru berbasis fungsi eksekutif, hingga koordinasi lintas lembaga dalam gugus tugas *neuroeducation* menuju terbentuknya sistem pendidikan berbasis kerja otak yang berkelanjutan.



Gambar 3. Alur implementasi *National Neuroeducation Roadmap*

### ***Kolaborasi Interdisipliner dan Ekosistem Inovasi***

Kolaborasi interdisipliner merupakan syarat transformasi dari temuan neurosains ke praktik pembelajaran. Ekosistem yang diusulkan menempatkan universitas sebagai *neurolearning hub* yang mempertautkan laboratorium neurosains, fakultas pendidikan, dan mitra industri EdTech. Di dalamnya, riset tentang fungsi eksekutif, atensi, dan regulasi emosi diterjemahkan menjadi modul pelatihan guru serta protokol didaktik yang kontekstual dengan karakter Gen Z Indonesia yang digital-native, visual, dan cepat dalam memproses informasi (Albadi & Zollinger, 2021; Cadime dkk., 2024; Dwidienawati & Gandasari, 2018). Lingkungan belajar daring juga didesain ulang sesuai preferensi mahasiswa agar inspiratif dan partisipatif, sebagaimana rancangan pembelajaran optimal yang menempatkan suara pelajar sebagai rujukan (Jaleniauskiene & Juceviciene, 2015; Yu & Canton, 2020). Dengan demikian, kolaborasi tidak sekadar

berbagi sumber daya, tetapi menyatukan metodologi untuk menghasilkan inovasi pembelajaran yang berdaya guna.

Pada ranah teknologi, kemitraan dengan penyedia solusi digital memungkinkan pengembangan *adaptive assessment* dan personalisasi lintasan belajar berdasarkan prinsip neuropsikologi kognitif. Tinjauan mutakhir menunjukkan bahwa AI dapat dimanfaatkan untuk penilaian adaptif yang peka terhadap profil kognitif, sehingga evaluasi lebih adil sekaligus formatif bagi peserta didik (Halkiopoulou & Gkintoni, 2024). Di sisi lain, literasi dan penerimaan pembelajaran digital tetap perlu dipetakan, sebab faktor psikososial dan persepsi kegunaan terbukti memengaruhi keterlibatan mahasiswa pada *e-learning* (Belew dkk., 2024; DiMattio & Hudacek, 2020; Persada dkk., 2019). Dengan menggabungkan kecerdasan buatan dan wawasan perilaku, kolaborasi menghasilkan perangkat yang bukan hanya canggih secara teknis, tetapi selaras

dengan kebutuhan nyata peserta didik dan pendidik.

Ekosistem inovasi juga perlu menata jalur umpan balik antara kebijakan, kelas, dan riset. Program percontohan di sekolah dan perguruan tinggi dapat menjalankan siklus *design-implement-evaluate* yang menguji intervensi *multisensory*, *metacognitive prompts*, serta *peer-collaboration* dalam konteks lokal, merujuk pada bukti bahwa paparan multisensori mendorong pola interaksi frekuensi otak yang memperkaya plastisitas (Paraskevopoulos dkk., 2024; Pradeep dkk., 2024). Hasil evaluasi ditranslasikan kembali ke kebijakan agar skala-besar didasarkan pada bukti, sementara laboratorium memperdalam aspek yang masih abu-abu seperti pengukuran regulasi diri pada remaja (Makowski dkk., 2024, 2024). Dengan alur balik yang ketat, kualitas kebijakan dan praktik meningkat secara simultan.

Kolaborasi harus memelihara misi ganda: kesiapan kerja dan pembentukan warga kreatif-etik. Literatur menunjukkan bahwa *soft skills* dan kreativitas berperan dalam produktivitas serta mobilitas pasar kerja, sehingga ekosistem perlu memfasilitasi pengembangan keduanya melalui proyek autentik dan komunitas praktik lintas disiplin (Heckman & Kautz, 2012; López-Fernández & Llamas-Salguero, 2017). Di tingkat sistem, perguruan tinggi berkontribusi pada daya saing talenta melalui kurikulum yang menautkan penelitian, magang, dan jejaring global (Deffinika dkk., 2021; Leikuma-Rimicane dkk., 2022). Dengan menempatkan Gen Z bukan sekadar pengguna teknologi, tetapi perancang solusi, bahkan

menuju kompetensi *AI natives*, ekosistem kolaboratif ini menyelaraskan tujuan teoritis, kebutuhan praktik, dan agenda strategis pembangunan SDM (OECD, 2024; Ponce Rojo dkk., 2025).

Dalam konteks global, integrasi neuropsikologi pendidikan dengan pengembangan human capital menempatkan Indonesia pada posisi strategis untuk menjadi pelopor *neuroeducation movement* di Asia Tenggara. Dengan populasi Gen Z terbesar di kawasan dan agenda Indonesia Emas 2045, penerapan *Neuropsychology-Based Human Capital Framework* dapat menjadi model bagi negara berkembang lain yang menghadapi tantangan digitalisasi pendidikan. Riset lintas disiplin yang menghubungkan neuroplastisitas, literasi digital, dan inovasi kebijakan publik membuka peluang kolaborasi dengan lembaga global seperti OECD, UNESCO, dan WEF dalam pengembangan standar pendidikan berbasis otak untuk era AI. Jika *roadmap* nasional berhasil diterapkan secara konsisten, Indonesia tidak hanya mengejar ketertinggalan kompetensi, tetapi juga menampilkan diri sebagai *knowledge hub* kawasan yang menegaskan kontribusi intelektual bangsa di panggung dunia.

### ***Keterbatasan dan Arah Penelitian Lanjutan***

Sebagai kajian konseptual, penelitian ini menyadari adanya sejumlah batasan teoretis dan empiris yang perlu dikaji lebih lanjut untuk memastikan validitas dan keberlanjutan penerapannya. Meskipun *Neuropsychology-Based Human Capital Framework* telah mengintegrasikan prinsip neurosains, psikologi

pendidikan, dan teori *human capital* secara sistematis, penerapannya di konteks Indonesia masih bersifat normatif dan belum teruji secara empiris. Mekanisme biologis seperti *neuroplasticity*, *emotion regulation*, dan *executive function* yang menjadi inti teori neuropsikologi pendidikan belum banyak diukur secara longitudinal dalam sistem pendidikan nasional. Selain itu, keterbatasan data neurosains pendidikan di Indonesia menyebabkan evaluasi kebijakan berbasis otak belum dapat dilakukan secara representatif. Sejalan dengan temuan Pradeep dkk. (2024) dan Cadime dkk. (2024), kompleksitas hubungan antara variabel neurokognitif dan hasil belajar memerlukan pendekatan lintas disiplin yang menggabungkan metode *neuroimaging* dan analisis perilaku. Oleh karena itu, penelitian di masa depan perlu memfokuskan diri pada pengembangan alat ukur kontekstual dan model prediktif untuk menilai kontribusi fungsi otak terhadap pencapaian kognitif dan nonkognitif peserta didik.

Di sisi implementasi, integrasi neuropsikologi pendidikan ke dalam kebijakan pembangunan SDM nasional menghadapi sejumlah tantangan struktural dan koordinatif. Keterbatasan kapasitas guru dalam memahami prinsip *brain-based learning*, kesenjangan infrastruktur riset, serta kurangnya sinergi antara lembaga pendidikan, riset, dan industri EdTech menjadi hambatan utama dalam penerapan kerangka ini secara luas (Indrawati & Kuncoro, 2021; Qiu dkk., 2024). Selain itu, model tata kelola kolaborasi lintas kementerian masih bersifat sektoral sehingga belum optimal

dalam mentransformasikan temuan ilmiah menjadi kebijakan publik yang aplikatif. Untuk menjawab hal tersebut, diperlukan pendekatan *evidence-based policy* yang berlandaskan data longitudinal dan evaluasi berkelanjutan agar efektivitas intervensi dapat diukur secara objektif. Riset masa depan juga perlu memperkuat dimensi global, menempatkan Indonesia sebagai pelopor *neuroeducation movement* di Asia Tenggara melalui kerja sama dengan OECD, UNESCO, dan WEF. Dengan demikian, agenda riset lanjutan tidak hanya memperkuat dimensi ilmiah, tetapi juga menegaskan peran Indonesia sebagai laboratorium kebijakan global dalam bidang *neuroeducation*.

#### ***Pertimbangan Etis dan Privasi Neurodata***

Selain keterbatasan yang telah dijelaskan sebelumnya, aspek etika juga menjadi perhatian penting dalam penerapan *neuroeducation* di konteks pendidikan modern. Dalam implementasi *National Neuroeducation Roadmap*, aspek etika dan perlindungan privasi neurodata menjadi landasan penting yang tidak dapat diabaikan. Penggunaan teknologi neuropsikologi dalam konteks pendidikan, seperti pemantauan aktivitas otak, data atensi, atau hasil asesmen kognitif digital, memerlukan tata kelola data yang berlandaskan prinsip etis penelitian manusia. Aktivitas otak merupakan informasi biologis yang sangat sensitif, sehingga setiap proses pengumpulan, penyimpanan, dan analisis data harus dilakukan dengan persetujuan sadar (*informed consent*), anonimisasi identitas, serta keamanan penyimpanan yang sesuai standar. Kebijakan

nasional di bidang *neuroeducation* perlu menetapkan panduan etik yang jelas untuk mencegah penyalahgunaan atau komersialisasi data neurofisiologis, serta memastikan bahwa penggunaannya semata-mata ditujukan bagi peningkatan kualitas pembelajaran, kesejahteraan peserta didik, dan penguatan literasi otak bangsa.

### SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi antara neuropsikologi pendidikan dan teori *human capital* menawarkan paradigma baru dalam pembangunan sumber daya manusia Indonesia yang unggul dan berdaya saing global. Potensi otak Generasi Z yang memiliki tingkat *neuroplasticity* tinggi, respons cepat terhadap stimulasi digital, serta kemampuan regulasi emosi adaptif dapat dikonversi menjadi kekuatan ekonomi, sosial, dan inovasi bangsa. Pendidikan berbasis otak, yaitu melalui *brain-based learning*, *adaptive cognitive stimulation*, dan pembelajaran emosional, menjadi kunci untuk mengoptimalkan kapasitas tersebut. Dengan demikian, *neuropsychology-based education* bukan hanya pendekatan pedagogis, tetapi juga strategi investasi jangka panjang dalam membangun *brain capital nation* yang inovatif, resilien, dan relevan dengan tuntutan era kecerdasan buatan. Integrasi dimensi kognitif, afektif, dan sosial dalam sistem pendidikan menjadikan Generasi Z bukan sekadar bonus demografi, melainkan aset neuropsikologis strategis bagi visi Indonesia Emas 2045.

Sebagai arah ke depan, langkah konkret diperlukan untuk menjembatani teori, riset, dan kebijakan pendidikan berbasis neurosains. Pemerintah, lembaga riset, dan institusi pendidikan tinggi perlu membangun kolaborasi lintas disiplin dan lintas sektor untuk mengimplementasikan *National Neuroeducation Roadmap* yang berfokus pada riset otak, pembelajaran adaptif, dan penguatan kapasitas guru berbasis neurosains. Pendekatan *evidence-based policy* harus diperkuat dengan dukungan data longitudinal dan evaluasi berkelanjutan agar efektivitasnya terukur secara ilmiah. Dalam konteks global, sinergi Indonesia dengan lembaga internasional seperti OECD, UNESCO, dan WEF menjadi kunci untuk memperluas dampak gerakan *neuroeducation* dan memperkuat posisi Indonesia sebagai pelopor kebijakan pendidikan berbasis otak di Asia Tenggara. Dengan demikian, hasil kajian ini tidak hanya memberi kontribusi akademik, tetapi juga menawarkan arah strategis bagi transformasi pendidikan nasional menuju *neurointelligent human capital* yang mampu bersaing dan berkontribusi di panggung dunia.

### DAFTAR PUSTAKA

- Albadi, N., & Zollinger, S. W. (2021). Dominant Learning Styles of Interior Design Students in Generation Z. *Journal of Interior Design*, 46(4), 49–65. <https://doi.org/10.1111/joid.12204>
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Statistik Demografi Indonesia (Hasil Sensus Penduduk 2020)* (Statistik Demografi / Hasil Sensus Penduduk No.

- 04100.25001; Publikasi Hasil Sensus Penduduk 2020, hlm. 267 hlm.). Badan Pusat Statistik (BPS). <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/01/31/29a40174e02f20a7a31b5bc3/statistik-demografi-indonesia--hasil-sensus-penduduk-2020-.html>
- Bango, C. I., Jones, S. A., Shao, S., Del Rubin, D. Y., Flores, A. L., Nagel, B. J., Holley, A. L., & Wilson, A. C. (2025). Associations between pain experiences and gray matter volume in youth in the adolescent brain cognitive development (ABCD) study. *The Journal of Pain*, *36*, 105527. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2025.105527>
- Beauchemin, N., Charland, P., Karran, A., Boasen, J., Tadson, B., Sénécal, S., & Léger, P.-M. (2024). Enhancing learning experiences: EEG-based passive BCI system adapts learning speed to cognitive load in real-time, with motivation as catalyst. *Frontiers in Human Neuroscience*, *18*, 1416683. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1416683>
- Becker, G. S. (1993). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education* (3rd ed). The University of Chicago Press.
- Belew, A., Ketemaw, A., Sitotaw, G., Alganah, H., Wogayehu, B., Ayenew, T., & Damtew, A. (2024). Correction: Acceptance of e-learning and associated factors among postgraduate medical and health science students at first generation universities in Amhara region, 2023: Using modified technology acceptance model. *BMC Medical Education*, *24*(1), 1073. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05942-w>
- Berninger, V. W., & Abbott, R. D. (1992). The Unit of Analysis and the constructive Processes of the Learner: Key Concepts for Educational Neuropsychology. *Educational Psychologist*, *27*(2), 223–242. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep2702\\_6](https://doi.org/10.1207/s15326985ep2702_6)
- Bonilla-Sánchez, M. D. R. (2024). Clinical experiences of intervention of neurodevelopmental disorders and difficulties in school learning from historical-cultural neuropsychology. *Frontiers in Education*, *9*, 1291732. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1291732>
- Brînză, G., & Butnaru, G. I. (2024). A Bibliometric Analysis Regarding Generation Z Trends on Entrepreneurship. Dalam S. L. Fotea, S. A. Văduva, & I. Ş. Fotea (Ed.), *Reimagining Capitalism in a Post-Globalization World* (hlm. 49–61). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-59858-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-59858-6_4)

- Caballero, C., Nook, E. C., & Gee, D. G. (2023). Managing fear and anxiety in development: A framework for understanding the neurodevelopment of emotion regulation capacity and tendency. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *145*, 105002. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.105002>
- Cadime, I., Ribeiro, I., & Lorusso, M. L. (2024). Cognitive and Linguistic Development in Children and Adolescents. *Children*, *12*(1), 12. <https://doi.org/10.3390/children12010012>
- Chalim, S., Usman, F., Rokhman, M., Rusydi, I., Rahmat, & Zamawi, B. (2024). Children's Education in the Metaverse Era: Between the Rapid Growth of Information Technology and Self-learning of Generation Z. *Nazhruna: Jurnal Pendidikan Islam*, *7*(3), 608–627. <https://doi.org/10.31538/nzh.v7i3.19>
- Chang, F., Huo, Y., Zhang, S., Zeng, H., & Tang, B. (2023). The impact of boarding schools on the development of cognitive and non-cognitive abilities in adolescents. *BMC Public Health*, *23*(1), 1852. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16748-8>
- Chardonnens, S. (2025). Adapting educational practices for Generation Z: Integrating metacognitive strategies and artificial intelligence. *Frontiers in Education*, *10*, 1504726. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1504726>
- Deffinika, I., Putri, I. W., & Angin, K. B. (2021). Higher Education and Training towards Global Competitiveness and Human Development in Indonesia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, *38*(4), 1280–1288. <https://doi.org/10.30892/gtg.38436-770>
- DiMattio, M. J. K., & Hudacek, S. S. (2020). Educating generation Z: Psychosocial dimensions of the clinical learning environment that predict student satisfaction. *Nurse Education in Practice*, *49*, 102901. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102901>
- Dwidienawati, D., & Gandasari, D. (2018). Understanding Indonesia's Generation Z. *International Journal of Engineering & Technology*, *7*(3.25), 245–253.
- Dwinggo Samala, A., Rawas, S., Criollo-C, S., Fortuna, A., Feng, X., Prasetya, F., Özsavaş Uluçay, N., Jaya, P., & Hidayat, R. (2024). Social Media in Education: Trends, Roles, Challenges, and Opportunities for Digital-Native Generations – A Systematic Literature Review. *Asian Journal of University Education*, *20*(3), 524–539.

- <https://doi.org/10.24191/ajue.v20i3.27869>
- Gaddes, W. H. (1983). Applied Educational Neuropsychology: Theories and Problems. *Journal of Learning Disabilities*, 16(9), 511–514. <https://doi.org/10.1177/002221948301600902>
- Halkiopoulos, C., & Gkintoni, E. (2024). Leveraging AI in E-Learning: Personalized Learning and Adaptive Assessment through Cognitive Neuropsychology—A Systematic Analysis. *Electronics*, 13(18), 3762. <https://doi.org/10.3390/electronics13183762>
- Heckman, J. J., & Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. *Labour Economics*, 19(4), 451–464. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2012.05.014>
- Immordino-Yang, M. H. (2016). *Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience* (First edition). W. W. Norton & Company.
- Indrawati, S. M., & Kuncoro, A. (2021). Improving Competitiveness Through Vocational and Higher Education: Indonesia's Vision For Human Capital Development In 2019–2024. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 57(1), 29–59. <https://doi.org/10.1080/00074918.2021.1909692>
- Jaleniauskiene, E., & Juceviciene, P. (2015). Reconsidering University Educational Environment for the Learners of Generation Z. *Social Sciences*, 88(2), 38–53. <https://doi.org/10.5755/j01.ss.88.2.12737>
- Jensen, E., & McConchie, L. (2020). *Brain-based learning: Teaching the way students really learn* (Third edition). Corwin Press.
- Kowal, J., & Paliwoda-Pękosz, G. (2017). ICT for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies: Economic, Cultural, and Social Innovations for Human Capital in Transition Economies. *Information Systems Management*, 34(4), 304–307. <https://doi.org/10.1080/10580530.2017.1366215>
- Leikuma-Rimicane, L., Baloran, E. T., Ceballos, R. F., & Medina, M. N. D. (2022). The Role of Higher Education in Shaping Global Talent Competitiveness and Talent Growth. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(11), 1211–1220. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.11.1741>
- López-Fernández, V., & Llamas-Salguero, F. (2017). Neuropsicología del proceso creativo. Un enfoque educativo. *Revista Complutense de Educación*,

- 29(1), 113–127.  
<https://doi.org/10.5209/RCED.52103>
- Makowski, C., Brown, T. T., Zhao, W., Hagler Jr, D. J., Parekh, P., Garavan, H., Nichols, T. E., Jernigan, T. L., & Dale, A. M. (2024). Leveraging the adolescent brain cognitive development study to improve behavioral prediction from neuroimaging in smaller replication samples. *Cerebral Cortex*, 34(6), bhae223.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhae223>
- Marek, M. J., Heep, A., & Hildebrandt, A. (2025). The measurement of self-regulation in the Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD) Study. *PLOS One*, 20(5), e0322795.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322795>
- McGann, J. P. (2015). Associative learning and sensory neuroplasticity: How does it happen and what is it good for? *Learning & Memory*, 22(11), 567–576.  
<https://doi.org/10.1101/lm.039636.115>
- Melton, R. B. (1965). Schultz's Theory of "Human Capital." *The Southwestern Social Science Quarterly*, 46(3), 264–272.
- Murphy, P. K., & Benton, S. L. (2010). The new frontier of educational neuropsychology: Unknown opportunities and unfulfilled hopes. *Contemporary Educational Psychology*, 35(2), 153–155.  
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.04.006>
- Nadezhina, O., & Avduevskaya, E. (2023). *Genesis of Human Capital Theory in the Context of Digitalization*. 577–584.  
<https://www.researchgate.net/publication/368464681>
- Nur, D. R., Widodo, P., & Putro, N. H. P. S. (2023). Digital Natives Generation Enjoyment Using Online Resources as Virtual Learning Environment in Learning English Speaking. *International Journal of Language Education*, 7(4).  
<https://doi.org/10.26858/ijole.v7i4.44573>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). *Education at a Glance 2024: OECD Indicators* (Education at a Glance) [OECD Indicators]. OECD Publishing.  
[https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2024\\_c00cad36-en.html?](https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2024_c00cad36-en.html?)
- Paraskevopoulos, E., Anagnostopoulou, A., Chalas, N., Karagianni, M., & Bamidis, P. (2024). Unravelling the multisensory learning advantage: Different patterns of within and across frequency-specific interactions drive uni- and multisensory neuroplasticity. *NeuroImage*, 291, 120582.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120582>

- Pennington, B. F., McGrath, L. M., & Peterson, R. L. (2019). *Diagnosing Learning Disorders: From Science to Practice*. Guilford Publications.
- Persada, S. F., Miraja, B. A., & Nadlifatin, R. (2019). Understanding the Generation Z Behavior on D-Learning: A Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) Approach. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *14*(05), 20. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i05.9993>
- Ponce Rojo, A., Fontaines-Ruiz, T., Bracho, A. S., & Cánquiz Rincón, L. (2025). From Digital Natives to AI Natives: Emerging Competencies and Media and Information Literacy in Higher Education. *Education Sciences*, *15*(9), 1134. <https://doi.org/10.3390/educsci15091134>
- Pradeep, K., Sular Anbalagan, R., Thangavelu, A. P., Aswathy, S., Jisha, V. G., & Vaisakhi, V. S. (2024). Neuroeducation: Understanding neural dynamics in learning and teaching. *Frontiers in Education*, *9*, 1437418. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1437418>
- Pureza, J. R., & Fonseca, R. P. (2017). Development and content validity of the CENA Program for Educational Training on the Neuropsychology of Learning, with an emphasis on executive functions and attention. *Dementia & Neuropsychologia*, *11*(1), 79–87. <https://doi.org/10.1590/1980-57642016dn11-010012>
- Qiu, X., Bashir, T., Gul, R. F., Sadiq, B., & Naseem, A. (2024). Collaborative Green Initiatives: Integrating Human Resources, Intellectual Capital, and Innovation for Environmental Performance. *Sustainability*, *17*(1), 224. <https://doi.org/10.3390/su17010224>
- Rico González, D. A. (2024). *La neuropsicología educativa como instrumento de prevención del delito*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10495049>
- Romlah, S., Imron, A., Maisyaroh, Sunandar, A., & Dami, Z. A. (2023). A free education policy in Indonesia for equitable access and improvement of the quality of learning. *Cogent Education*, *10*(2), 2245734. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2245734>
- Schislyaeva, E. R., & Saychenko, O. A. (2022). Labor Market Soft Skills in the Context of Digitalization of the Economy. *Social Sciences*, *11*(3), 91. <https://doi.org/10.3390/socsci11030091>
- Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, *51*(1), 1–17.

- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *104*, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Suharja, S., Mustadi, A., & Oktari, V. (2024). Examining Brain Based Learning Models Assisted Open-Ended Approach To Mathematics Understanding Concept. *Jurnal Prima Edukasia*, *12*(1), 19–29. <https://doi.org/10.21831/jpe.v12i1.67303>
- Suhatman, Amar, S., & Aimon, H. (2024). Interlinkages Between Environmental Quality, Economic Growth, and Human Capital in Indonesia: Implications for Sustainable Development Policies. *Challenges in Sustainability*, *12*(3), 190–202. <https://doi.org/10.56578/cis120303>
- Thye, G. L., Law, S. H., & Trinugroho, I. (2022). Human capital development and income inequality in Indonesia: Evidence from a nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) analysis. *Cogent Economics & Finance*, *10*(1), 2129372. <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2129372>
- Tolstikova, I., Ignatjeva, O., Kondratenko, K., & Pletnev, A. (2023). Network behavior as a specific feature of generation Z communicative competence and their readiness for online learning. *Journal on Interactive Systems*, *14*(1), 9–19. <https://doi.org/10.5753/jis.2023.3034>
- Torraco, R. J. (2005). Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review*, *4*(3), 356–367. <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>
- Tovar-Moll, F., & Lent, R. (2016). The various forms of neuroplasticity: Biological bases of learning and teaching. *PROSPECTS*, *46*(2), 199–213. <https://doi.org/10.1007/s11125-017-9388-7>
- Weyandt, L. L., Clarkin, C. M., Holding, E. Z., May, S. E., Marraccini, M. E., Gudmundsdottir, B. G., Shepard, E., & Thompson, L. (2020). Neuroplasticity in children and adolescents in response to treatment intervention: A systematic review of the literature. *Clinical and Translational Neuroscience*, *4*(2), 2514183X2097423. <https://doi.org/10.1177/2514183X20974231>
- World Economic Forum. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019* (Global Competitiveness Report) [Annual Report]. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/global-competitiveness-report-2019/>
- World Economic Forum. (2020). *The Global Competitiveness Report: Special*

*Edition 2020 – How Countries are Performing on the Road to Recovery* (Global Competitiveness Report) [Special Edition]. World Economic Forum.

<https://www.weforum.org/publications/the-global-competitiveness-report-2020/>

Yu, E., & Canton, S. (2020). Student-Inspired Optimal Design of Online Learning for Generation Z. *Journal Of Educators Online*, 17(1).  
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1241579>