Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual
Vol. 11, No. 4, November 2026 pp. 1046-1063
E-ISSN: 2541-4224, P-ISSN: 2541-4216
DOI: http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v11i4.2537

Smart Guardian: Model Konseptual *Wearable* dan Aplikasi Berbasis Kecerdasan Artifisial untuk Regulasi Diri Generasi Digital

Rendy Maulana Yaqin

Universitas Negeri Surabaya,
Jl. Lidah Wetan, Lakarsantri, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Email: rendy.23206@mhs.unesa.ac.id

Tersedia Online di
http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant

Sejarah Artikel
Diterima 20 Oktober 2026
Direvisi 17 November 2026
Disetujui 22 November 2026
Dipublikasikan 22 November 2026

Keywords:
Artificial intelligence; digital citizenship; growth mindset; self-regulation; wearable device

Abstract*: PISA 2025 shows a paradox among Indonesian students: they are more curious (80% vs. 73%) and more persistent (74% vs. 60%) than the OECD average, yet only 30% hold a growth mindset (OECD: 69%) and achievement remains low. Treating these correlational data as a basis for a conceptual hypothesis, this study proposes that self-regulation, the capacity to turn curiosity and effort into sustained learning in a highly distracting digital environment, may be a missing link. Using a conceptual design that combined an integrative review of 52 sources, thematic synthesis, and design science research, the study developed Smart Guardian, a model that pairs a low-cost smartband prototype (MAX30100 heart-rate sensor, mini LCD, Li-Po battery) with an artificial intelligence (AI)-based application that is still at the design stage. The system works in three stages: monitoring digital behaviour, with heart rate used only as a supporting signal; delivering graduated interventions that preserve the child's autonomy; and building habits through reflection, growth-mindset reinforcement, gamification, and digital-citizenship learning. Smart Guardian is proposed as a conceptual model designed to support privacy and self-regulation; its effectiveness has not yet been demonstrated and requires expert validation, sensor validation, and controlled field trials.*

Kata Kunci:
kecerdasan artifisial; kewargaan digital; perangkat wearable; pola pikir bertumbuh; regulasi diri

***Corresponding Author*:**
Name:
Rendy Maulana Yaqin
Email:
rendy.23206@mhs.unesa.ac.id

Abstrak: PISA 2025 memperlihatkan paradoks pada murid Indonesia: rasa ingin tahu (80% berbanding 73%) dan ketekunan mereka (74% berbanding 60%) melampaui rata-rata OECD, tetapi hanya 30% yang berpola pikir bertumbuh (OECD: 69%) dan capaian belajarnya masih rendah. Dengan memperlakukan data korelasional tersebut sebagai dasar hipotesis konseptual, penelitian ini mengajukan bahwa regulasi diri, yaitu kemampuan mengubah rasa ingin tahu dan usaha menjadi kebiasaan belajar yang konsisten di tengah lingkungan digital yang sarat distraksi, dapat menjadi mata rantai yang hilang. Melalui desain konseptual yang memadukan kajian integratif terhadap 52 sumber, sintesis tematik, dan *design science research*, penelitian ini mengembangkan Smart Guardian, model yang memasangkan prototipe *smartband* berbiaya rendah (sensor detak jantung MAX30100, LCD mini, baterai Li-Po) dengan aplikasi berbasis kecerdasan artifisial (AI) yang masih berada pada tahap rancangan. Sistem bekerja dalam tiga tahap, yaitu memantau perilaku digital dengan detak jantung sebagai sinyal pendukung, memberikan intervensi bertingkat yang tetap menghargai otonomi anak, serta membangun kebiasaan melalui refleksi, penguatan pola pikir bertumbuh, gamifikasi, dan pembelajaran kewargaan digital. Smart Guardian diajukan sebagai model konseptual yang dirancang untuk mendukung privasi dan regulasi diri; efektivitasnya belum dibuktikan dan masih memerlukan validasi ahli, validasi sensor, serta uji lapangan terkontrol.

PENDAHULUAN

Abad ke-21 telah melahirkan generasi yang tumbuh di dalam ekosistem digital yang tidak mereka rancang dan tidak pernah secara formal diajarkan cara menavigasinya. Pertanyaannya, bagaimana generasi unggul dapat dibina bila anak-anak terseret arus distraksi digital tanpa kapasitas internal untuk mengendalikan diri? Hasil PISA 2025 yang dirilis OECD pada September 2026, mencakup lebih dari 760.000 murid di 91 negara dan ekonomi, memperlihatkan bahwa murid Indonesia memiliki disposisi belajar yang sangat kuat. Sebanyak 80% murid melaporkan memiliki rasa ingin tahu terhadap banyak hal, lebih tinggi daripada rata-rata OECD sebesar 73%; 74% menyatakan menambah usaha ketika tugas menjadi sulit, dibandingkan 60% secara rata-rata; dan hanya 9% yang menganggap sekolah sebagai pemborosan waktu, jauh di bawah rata-rata OECD sebesar 24% (OECD, 2026).

Disposisi positif tersebut belum diikuti capaian yang sepadan. Indonesia memperoleh skor 389 pada sains, 365 pada membaca, dan 364 pada matematika dalam PISA 2025, seluruhnya jauh di bawah rata-rata OECD, dan 63,19% murid pada sains, 72,89% pada membaca, serta 83,07% pada matematika belum mencapai tingkat kecakapan dasar (Level 2). Salah satu kesenjangan yang paling menonjol terdapat pada pola pikir: hanya 30% murid Indonesia yang memiliki pola pikir bertumbuh (*growth mindset*), dibandingkan 69% di negara-negara OECD, dan murid yang berpola pikir bertumbuh memperoleh skor sains sekitar 17 poin lebih tinggi setelah latar belakang sosial-ekonomi dikendalikan (OECD, 2026). Data ini bersifat korelasional sehingga tidak dapat dibaca sebagai bukti bahwa lemahnya regulasi diri atau pola pikir menjadi penyebab langsung rendahnya capaian. Meski demikian, pola tersebut membuka hipotesis konseptual yang layak diuji: rasa ingin tahu dan usaha sudah tersedia, sedangkan keyakinan bahwa kemampuan dapat dikembangkan dan perangkat regulasi diri yang mengubahnya menjadi praktik belajar berkelanjutan tampaknya belum kuat. Hipotesis ini sejalan dengan meta-analisis yang menunjukkan bahwa regulasi diri pada masa kanak-kanak berasosiasi dengan capaian akademik, sosial, dan kesehatan di kemudian hari (Robson et al., 2020).

Lingkungan digital membuat tantangan tersebut semakin berat. Penetrasi internet di Indonesia telah melampaui 78% populasi, dengan anak dan remaja sebagai kelompok pengguna aktif terbesar (APJII, 2023), dan tingkat adiksi internet pada remaja Indonesia berasosiasi dengan durasi penggunaan harian (Siste et al., 2021). Secara global, prevalensi penggunaan ponsel pintar bermasalah meningkat sepanjang 2012–2022 (Lu et al., 2024) dan adiksi digital cukup umum dijumpai pada populasi umum (Meng et al., 2022). Penggunaan bermasalah ini berkaitan dengan luaran kesehatan mental yang merugikan (Busch & McCarthy, 2021; Girela-Serrano et al., 2024) dan lebih erat terkait dengan disregulasi emosi daripada sekadar lamanya paparan (Shahidin et al., 2022). Studi longitudinal juga menunjukkan bahwa perubahan kesulitan perilaku remaja berjalan seiring dengan perubahan tingkat penggunaan bermasalah (Poulain et al., 2023), dan bahwa penggunaan gawai sebagai alat penenang pada anak usia dini dapat menggeser kesempatan anak untuk belajar meregulasi emosinya sendiri (Radesky et al., 2023). Namun, dampak layar sangat bergantung pada jenis dan konteks penggunaannya (Sanders et al., 2024), sehingga persoalannya bukan sekadar durasi, melainkan kemampuan anak mengelola keterlibatannya, yang dibentuk oleh interaksi antara faktor individu, pengasuhan, dan desain persuasif aplikasi (Domoff et al., 2020).

Konteks baru turut hadir melalui kecerdasan artifisial (AI) generatif. PISA 2025 mencatat bahwa 53% murid Indonesia menggunakan *chatbot* AI untuk tugas sekolah setidaknya sekali seminggu, di atas rata-rata OECD sebesar 46% (OECD, 2026). Akses terhadap perangkat kognitif yang kuat bukan lagi kendala; yang menentukan adalah kapasitas untuk mengelola keterlibatan dengan perangkat tersebut. Regulasi diri, yaitu pengendalian terkoordinasi atas pikiran, emosi, dan perilaku untuk mencapai tujuan melalui siklus perencanaan, pemantauan, dan refleksi (Zimmerman, 2002), menjadi kompetensi kunci dalam situasi ini. Berbagai model *self-regulated learning* memuat fase persiapan, pelaksanaan dengan pemantauan diri, dan penilaian ulang (Panadero, 2017), sementara tinjauan sistematis terbaru menunjukkan bahwa *self-regulated*

learning dan fungsi eksekutif saling berkaitan tetapi tidak identik, dengan metakognisi sebagai penghubungnya (Dörrenbächer-Ulrich & Bregulla, 2024). Regulasi diri juga dapat dilatih: program pelatihan *self-regulated learning* meningkatkan penggunaan strategi, motivasi, dan capaian akademik (Theobald, 2021), termasuk di lingkungan pembelajaran daring dan campuran (Guntur & Purnomo, 2024).

Pola pikir bertumbuh merupakan dimensi yang tidak terpisahkan dari regulasi diri. Tinjauan sistematis terhadap studi yang terbit pada 2010–2023 menemukan asosiasi positif sebesar r = 0,40 antara pola pikir bertumbuh dan penggunaan strategi *self-regulated learning* (Chen & Bonner, 2025). Namun, bukti meta-analitik juga menunjukkan bahwa intervensi pola pikir menghasilkan efek rata-rata yang kecil dan sangat heterogen (Macnamara & Burgoyne, 2023; Sisk et al., 2018), serta bekerja paling baik apabila ditanamkan dalam praktik yang berkelanjutan dan menyasar murid yang berisiko secara akademik (Burnette et al., 2023). Eksperimen nasional di Amerika Serikat memperlihatkan bahwa intervensi pola pikir singkat meningkatkan nilai murid berprestasi rendah, tetapi efeknya sangat bergantung pada konteks dan budaya kelas yang mendukung (Yeager et al., 2019); efeknya paling kuat di kelas yang gurunya juga berpola pikir bertumbuh (Yeager et al., 2022). Dweck dan Yeager (2019) menegaskan bahwa pola pikir bukanlah sikap yang dapat dibentuk melalui nasihat semata, melainkan keyakinan yang berubah ketika individu berulang kali mengalami bahwa usaha menghasilkan perbaikan yang dapat dilihat.

Respons yang tersedia saat ini masih didominasi oleh dua pendekatan. Pendekatan pertama berupa aplikasi kontrol orang tua (*parental control*) dan pengatur waktu layar yang bekerja sebagai sistem pembatasan eksternal. Aplikasi semacam ini memblokir atau membatasi waktu akses, tetapi tidak menghasilkan pembelajaran perilaku internal, dan efeknya cenderung hilang ketika pembatasan dicabut. Tinjauan sistematis dan meta-analisis terhadap *digital self-control tools* menemukan bahwa bidang ini didominasi oleh mekanisme pemblokiran dan pengatur waktu yang efeknya moderat dan jarang bertahan, dengan sangat sedikit alat yang berlandaskan teori regulasi diri atau dievaluasi pada anak (Monge Roffarello & De Russis, 2023). Analisis berbasis teori sistem ganda juga menunjukkan bahwa sebagian besar alat kontrol diri digital hanya menyasar sebagian kecil mekanisme psikologis yang mendasari kebiasaan penggunaan (Lyngs et al., 2019). Upaya *digital detox* pun memberikan hasil yang tidak konsisten: sebagian studi menemukan manfaat bagi kesejahteraan dan kendali diri, sementara sebagian lain tidak menemukan efek (Radtke et al., 2022). Pendekatan kedua berupa kurikulum literasi digital di sekolah yang cenderung konseptual dan episodik, sehingga terputus dari konteks waktu nyata ketika kegagalan regulasi diri benar-benar terjadi. Teori determinasi diri menjelaskan mengapa kedua pendekatan ini kurang efektif: perilaku yang ditopang oleh motivasi otonom dan intrinsik bertahan jauh lebih lama daripada perilaku yang ditopang oleh kontrol eksternal (Ryan & Deci, 2020).

Di sisi lain, perkembangan teknologi membuka peluang baru. Sensor *wearable* kini mampu menangkap sinyal fisiologis seperti detak jantung dan variabilitasnya, yang telah lama digunakan sebagai indikator stres dan keadaan afektif (Schmidt et al., 2019; Vos et al., 2023). Kerangka *just-in-time adaptive intervention* (JITAI) menawarkan prinsip desain untuk memberikan dukungan yang tepat pada saat yang tepat berdasarkan keadaan individu yang terus berubah (Nahum-Shani et al., 2018). Aplikasi AI juga terbukti mampu menopang fase perencanaan, pemantauan, dan refleksi dalam *self-regulated learning* (Jin et al., 2023; Molenaar, 2022), sedangkan elemen gamifikasi yang dirancang dengan baik menghasilkan efek positif kecil hingga sedang terhadap luaran belajar (Sailer & Homner, 2020; Zeng et al., 2024). Akan tetapi, dalam literatur yang ditelaah, potensi-potensi tersebut jarang dipadukan ke dalam satu sistem yang dirancang khusus bagi anak dan remaja di negara berkembang.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat empat kesenjangan yang menjadi pijakan penelitian ini. Pertama, solusi berbasis pembatasan eksternal tidak membangun kendali internal. Kedua, pendidikan literasi digital jarang hadir pada momen ketika keputusan regulasi diri diambil.

Ketiga, alat kontrol diri digital yang tersedia jarang berlandaskan teori regulasi diri dan jarang dievaluasi pada anak (Monge Roffarello & De Russis, 2023). Keempat, pola pikir bertumbuh, yang merupakan salah satu kesenjangan sikap terbesar dalam PISA 2025 untuk Indonesia, umumnya ditangani melalui latihan kelas yang bersifat sekali jalan. Sejauh penelusuran literatur dan pemetaan produk yang dilakukan dalam penelitian ini, belum ditemukan solusi yang secara bersamaan menghubungkan deteksi, intervensi, dan pembentukan kebiasaan. Temuan ini tidak dimaksudkan sebagai klaim kebaruan mutlak; kontribusi yang ditawarkan adalah perumusan model konseptual yang memadukan penginderaan perilaku dan fisiologis, intervensi bertingkat yang menjaga otonomi, serta jalur pembentukan kebiasaan yang sekaligus menumbuhkan pola pikir bertumbuh, dalam satu sistem berbiaya rendah yang melibatkan orang tua dan guru.

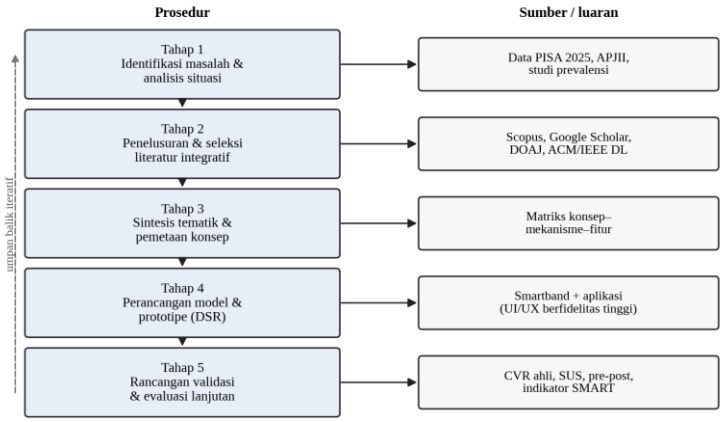
Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kesenjangan antara disposisi belajar, regulasi diri, dan pola pikir bertumbuh pada generasi muda dalam ekosistem digital kontemporer berdasarkan data PISA 2025 dan bukti empiris mutakhir; (2) merumuskan model konseptual dan prototipe Smart Guardian, yaitu sistem terintegrasi antara perangkat *wearable* dan aplikasi berbasis AI untuk memperkuat regulasi diri melalui tahap pemantauan, intervensi, dan pengembangan; serta (3) menyusun strategi implementasi dan rancangan evaluasi yang layak beserta dampak ilmiah, pendidikan, sosial, dan ekonomi yang diharapkan. Secara ilmiah, penelitian ini menyumbangkan model operasional yang menerjemahkan teori regulasi diri dan perubahan perilaku ke dalam arsitektur intervensi berbasis sensor yang dapat diukur. Secara praktis, penelitian ini menyediakan rancangan berbasis bukti bagi guru dan orang tua untuk mendampingi, bukan sekadar mengawasi, perilaku digital anak, sekaligus berkontribusi pada Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 3, 4, 9, 10, dan 16.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian konseptual (*conceptual research*) yang dikombinasikan dengan pendekatan *design science research* (DSR). Penelitian konseptual dipilih karena tujuan utamanya adalah membangun kerangka yang menjelaskan hubungan antarkonsep dan menurunkannya menjadi rancangan solusi, bukan menguji hipotesis secara statistik. Prosedur pembangunan kerangka konseptual mengacu pada Jabareen (2009), yakni pemetaan sumber, identifikasi dan kategorisasi konsep, integrasi, sintesis, dan validasi. Pendekatan DSR digunakan untuk menjembatani kerangka konseptual dengan artefak yang dapat diwujudkan, mengikuti enam aktivitas yang dirumuskan Peffers et al. (2007), yaitu identifikasi masalah, penetapan tujuan solusi, perancangan dan pengembangan, demonstrasi, evaluasi, dan komunikasi. Dalam penelitian ini, empat aktivitas pertama telah diselesaikan hingga tingkat prototipe, sedangkan aktivitas evaluasi dirumuskan sebagai rancangan studi lanjutan yang terukur.

Unit analisis penelitian adalah fenomena regulasi diri anak dan remaja dalam lingkungan digital, dengan fokus kontekstual pada murid Indonesia jenjang sekolah dasar akhir hingga sekolah menengah. Pemilihan fokus ini didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, data PISA 2025 menyediakan bukti dasar yang mutakhir dan dapat dibandingkan secara internasional mengenai disposisi belajar, pola pikir, dan penggunaan AI pada murid usia 15 tahun. Kedua, rentang usia tersebut merupakan masa ketika sistem regulasi diri masih berkembang pesat sehingga intervensi yang tepat berpotensi menghasilkan dampak jangka panjang (Robson et al., 2020). Alur penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1. Tahap pertama menelaah indikator PISA 2025 dan data prevalensi; tahap kedua menelusuri literatur; tahap ketiga menyintesis temuan secara tematik; tahap keempat merancang model dan prototipe; dan tahap kelima menyusun protokol evaluasi lanjutan.



Gambar 1. Alur prosedur penelitian konseptual dan perancangan Smart Guardian

Sumber: Diolah penulis (2026)

Prosedur Penelusuran dan Seleksi Literatur

Penelusuran literatur menggunakan pendekatan kajian integratif (Snyder, 2019) karena topik ini memadukan psikologi pendidikan, kesehatan mental remaja, interaksi manusia–komputer, dan rekayasa perangkat *wearable*. Penelusuran dilakukan pada Scopus, Google Scholar, DOAJ, serta pustaka digital ACM dan IEEE dengan rentang terbit utama 2017–2026. Kata kunci disusun dalam empat klaster yang digabungkan dengan operator Boolean, misalnya ("self-regulation" OR "self-regulated learning") AND ("smartphone" OR "digital") AND ("children" OR "adolescents"), yang kemudian dikombinasikan dengan klaster pola pikir bertumbuh ("growth mindset" AND "intervention") serta klaster teknologi ("*wearable*" OR "heart rate" OR "just-in-time adaptive intervention" OR "gamification"). Seleksi berlangsung dalam empat langkah: identifikasi melalui kata kunci, penyaringan judul dan abstrak, penilaian kelayakan teks lengkap berdasarkan kriteria inklusi, serta penelusuran rujukan dari artikel kunci (*backward snowballing*) untuk menjaring karya fondasional.

Sumber yang diikutkan adalah artikel jurnal bereputasi, prosiding internasional, dan laporan resmi lembaga yang terbit terutama pada 2017–2026, membahas regulasi diri, pola pikir, perilaku digital anak dan remaja, sensor *wearable*, intervensi adaptif, atau gamifikasi, serta dapat diverifikasi melalui DOI atau URL aktif. Opini populer, sumber tanpa penelaahan sejawat, dan studi yang metodologinya tidak dilaporkan secara memadai dikeluarkan. Prioritas diberikan pada tinjauan sistematis dan meta-analisis karena keduanya menyajikan bukti yang paling kuat dan stabil untuk penurunan prinsip desain. Literatur primer klasik tetap dipertahankan apabila menjadi fondasi teoretis yang terus dirujuk, misalnya model regulasi diri dan prosedur validitas isi. Selain itu, dokumen resmi lembaga internasional dan nasional dimasukkan secara terbatas sebagai sumber data dasar. Korpus akhir terdiri atas 52 sumber ilmiah dan dokumen resmi, dengan lebih dari 90% berupa artikel jurnal dan prosiding internasional bereputasi yang dilengkapi DOI aktif. Tiga laman resmi produk digunakan secara terpisah, khusus untuk pemetaan fitur produk pembanding.

Teknik Analisis dan Sintesis Data

Data dari literatur dianalisis melalui sintesis tematik dalam tiga putaran. Putaran pertama adalah ekstraksi, yaitu pencatatan konsep utama, mekanisme yang dihipotesiskan, populasi, dan temuan pokok dari setiap sumber ke dalam lembar ekstraksi. Putaran kedua adalah pengodean, yaitu pengelompokan konsep yang serupa ke dalam tema yang lebih luas, misalnya "lokus kendali eksternal versus internal", "momen intervensi", "pembuktian usaha", dan "mediasi orang dewasa". Putaran ketiga adalah integrasi, yaitu penyusunan matriks yang menghubungkan setiap tema dengan mekanisme psikologis yang mendasarinya dan dengan fitur desain yang dapat mengaktifkan mekanisme tersebut. Teknik ini sejalan dengan langkah identifikasi, dekonstruksi, dan integrasi konsep dalam prosedur Jabareen (2009).

Untuk menjaga ketelitian penurunan prinsip desain, setiap komponen intervensi dipetakan pada sumber perilaku sebagaimana dirumuskan dalam *Behaviour Change Wheel*, yakni kapabilitas, kesempatan, dan motivasi (Michie et al., 2011). Pemetaan ini memastikan bahwa setiap fitur memiliki alasan teoretis yang eksplisit dan tidak sekadar ditambahkan karena pertimbangan teknis. Data kuantitatif dari PISA 2025 dianalisis secara deskriptif komparatif, yaitu dengan membandingkan indikator Indonesia terhadap rata-rata OECD untuk mengidentifikasi area kekuatan dan area kesenjangan yang paling besar. Hasil analisis deskriptif tersebut kemudian digunakan untuk menetapkan sasaran utama intervensi dan indikator keberhasilannya. Sebuah fitur hanya dimasukkan ke dalam model apabila memenuhi tiga syarat: memiliki landasan teori yang jelas, memiliki mekanisme kerja yang didukung literatur, dan dapat dikaitkan dengan indikator regulasi diri yang terukur.

Prosedur Perancangan dan Pengembangan Prototipe

Pengembangan Smart Guardian menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), yang banyak dipakai sebagai kerangka desain pembelajaran berbasis teknologi (Spatioti et al., 2022). Perlu ditegaskan bahwa ADDIE di sini berfungsi sebagai kerangka pengembangan produk, bukan sebagai metode evaluasi; validitas isi, kebergunaan, dan efektivitas intervensi diuji melalui prosedur tersendiri yang diuraikan pada bagian rancangan validasi dan evaluasi. Pada tahap analisis, kebutuhan pengguna dirumuskan dari sintesis literatur dan data PISA. Pada tahap desain, prinsip intervensi diturunkan menjadi logika sistem, arsitektur informasi, dan alur antarmuka. Pada tahap pengembangan, dua artefak disiapkan secara paralel, yaitu prototipe *smartband* dan prototipe antarmuka aplikasi berfidelitas tinggi yang memuat alur pemasangan perangkat, konfigurasi privasi, penetapan tujuan, asesmen minat, dasbor harian, sesi fokus, analisis aktivitas, dan modul misi pola pikir.

Kedua artefak masih berada pada tahap prototipe awal. *Smartband* tersusun atas sensor optik detak jantung MAX30100 berbasis fotopletismografi (PPG), layar LCD mini, dan baterai Li-Po, dan belum diuji pada pengguna; aplikasi masih berupa antarmuka interaktif yang belum terhubung dengan perangkat. Dalam rancangan, pemrosesan sinyal dilakukan oleh mikrokontroler berdaya rendah dengan modul *Bluetooth Low Energy* (BLE) terintegrasi. Mikrokontroler menghitung detak jantung dari sinyal PPG, merangkumnya per menit, lalu mengirim ringkasan tersebut ke aplikasi ponsel melalui BLE; sinyal PPG mentah tidak dikirim maupun disimpan. Detak jantung tidak dapat secara langsung menunjukkan bahwa anak sedang terdistraksi atau gagal mengendalikan diri. Nilainya dipengaruhi oleh aktivitas fisik, posisi tubuh, suhu, emosi, serta kualitas kontak sensor, dan sensor optik pada perangkat *wearable* rentan galat terutama saat pengguna bergerak (Bent et al., 2020). Karena itu, sinyal ini hanya dipakai secara relatif terhadap *baseline* personal sebagai sinyal pendukung, dan akurasinya perlu divalidasi terhadap alat rujukan, misalnya sabuk dada berbasis EKG, sebelum digunakan dalam uji lapangan. Rancangan lanjutan juga mempertimbangkan penambahan akselerometer untuk menandai periode aktivitas fisik. Angka pada antarmuka prototipe merupakan data simulasi.

Rancangan Validasi dan Evaluasi Lanjutan

Evaluasi dirancang bertahap dan terpisah dari kerangka pengembangan. Tahap pertama adalah validasi isi oleh lima sampai tujuh ahli (psikolog pendidikan, praktisi teknologi pendidikan, dan guru) terhadap setiap butir konten intervensi, seperti pesan *nudge*, kartu pola pikir, dan modul kewargaan digital, menggunakan *Content Validity Ratio* (Lawshe, 1975). Tahap kedua adalah uji kebergunaan dengan *System Usability Scale* (Lewis, 2018) pada murid dan guru. Tahap ketiga adalah uji efektivitas dengan desain kuasi-eksperimen kelompok kontrol non-ekuivalen yang dialokasikan pada tingkat kelas di sekolah mitra; kelompok kontrol mengikuti pembelajaran literasi digital reguler. Intervensi berlangsung 12 minggu dengan pengukuran pra-uji, pasca-uji, dan tindak lanjut tiga bulan. Regulasi diri diukur dengan *Adolescent Self-Regulatory Inventory* (Moilanen, 2007), pola pikir bertumbuh dengan butir yang setara dengan PISA, dan penggunaan bermasalah dengan *Smartphone Addiction Scale–Short Version* (Kwon et al., 2013) serta *Internet Addiction Test* versi Indonesia (Siste et al., 2021). Perubahan perilaku digital diukur

secara objektif dari log sistem, yaitu waktu layar harian, frekuensi membuka ponsel, frekuensi perpindahan aplikasi pada jam belajar, dan durasi sesi fokus. Keberhasilan ditetapkan bila skor regulasi diri kelompok intervensi lebih tinggi daripada kelompok kontrol dengan ukuran efek minimal d = 0,30 setelah skor pra-uji dikendalikan (ANCOVA), disertai penurunan skor penggunaan bermasalah dan kenaikan median durasi sesi fokus. Data log dianggap valid bila tercatat minimal empat hari per pekan; data yang hilang ditangani dengan prinsip *intention-to-treat* menggunakan model efek campuran atau imputasi ganda, disertai analisis sensitivitas.

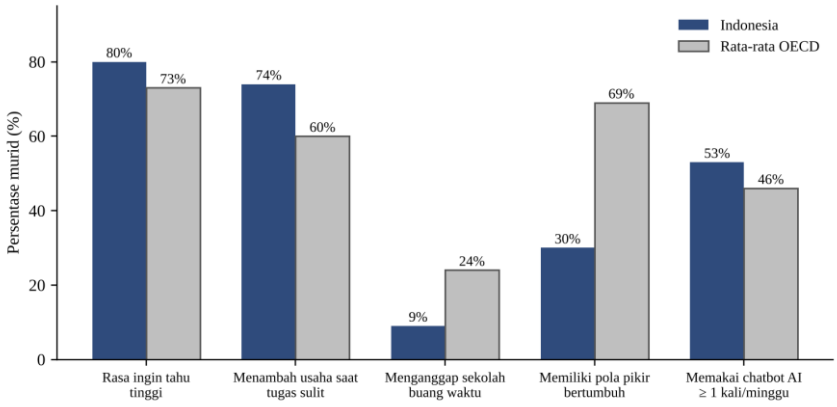
Pertimbangan Etis

Karena sasaran pengguna adalah anak dan remaja, perlindungan etis dirumuskan secara eksplisit. Pertama, keikutsertaan memerlukan persetujuan tertulis orang tua (*informed consent*) dan persetujuan anak (*assent*) yang disampaikan dengan bahasa sesuai usia, dan anak dapat berhenti kapan saja tanpa konsekuensi. Kedua, data diminimalkan: sistem hanya merekam ringkasan detak jantung per menit dan statistik penggunaan aplikasi, tanpa isi pesan, riwayat penelusuran, rekaman layar, maupun pencatatan ketikan. Ketiga, data disimpan terenkripsi di perangkat dan dikirim melalui koneksi terenkripsi, sedangkan data mentah tidak meninggalkan ponsel. Keempat, akses dibatasi menurut peran: anak dapat melihat seluruh datanya sendiri, sedangkan orang tua dan guru hanya melihat tren teragregasi. Kelima, data tidak boleh digunakan untuk menghukum, memberi sanksi akademik, atau melabeli anak secara psikiatris, dan tidak dibagikan kepada pihak ketiga untuk kepentingan komersial. Rancangan uji lapangan akan diajukan kepada komisi etik penelitian sebelum dilaksanakan. Prinsip-prinsip ini juga merupakan bagian dari desain intervensi, karena rasa diawasi berpotensi merusak otonomi yang justru ingin dibangun (Ryan & Deci, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Situasi: Paradoks Disposisi dan Regulasi Diri Murid Indonesia

Analisis deskriptif komparatif terhadap indikator PISA 2025 menghasilkan temuan pertama penelitian ini, yaitu adanya paradoks antara disposisi belajar dan kapasitas regulasi diri. Gambar 2 memperlihatkan bahwa murid Indonesia unggul atas rata-rata OECD pada hampir seluruh disposisi yang mendahului proses belajar, tetapi tertinggal jauh pada keyakinan yang menjadi hasil dari praktik belajar yang teregulasi. Rasa ingin tahu, kesediaan menambah usaha, dan sikap positif terhadap sekolah semuanya berada di atas rata-rata, sedangkan proporsi murid dengan pola pikir bertumbuh tidak sampai separuh dari rata-rata OECD.



Gambar 2. Perbandingan indikator disposisi belajar, pola pikir, dan penggunaan AI murid Indonesia terhadap rata-rata OECD. Sumber: Diolah penulis dari OECD (2026)

Rincian indikator disajikan pada Tabel 1. Dukungan sosial-pedagogis di sekolah juga tergolong kuat: 82% murid menyatakan guru sains mereka menaruh perhatian pada pembelajaran setiap murid, dan 85% menyatakan guru terus mengajar hingga murid memahami (OECD, 2026). Fondasi sosial-pedagogis dengan demikian telah tersedia; yang tampaknya belum kuat adalah mekanisme yang mengubah rasa ingin tahu dan usaha menjadi kebiasaan belajar yang konsisten.

Pada saat yang sama, dukungan orang tua terhadap pembelajaran sains di rumah menurun dari 57% pada 2022 menjadi 48% pada 2025, yang mengisyaratkan melemahnya lapisan mediasi keluarga.

Tabel 1. Indikator PISA 2025 untuk Indonesia dibandingkan rata-rata OECD

Indikator	Indonesia	Rata-rata OECD	Interpretasi
Skor sains	389 (naik dari 383 pada 2022)	Jauh di atas Indonesia	Membaik, masih di bawah rata-rata
Skor membaca	365 (naik dari 359 pada 2022)	Jauh di atas Indonesia	Membaik, masih di bawah rata-rata
Skor matematika	364 (turun dari 366 pada 2022)	Jauh di atas Indonesia	Menurun; area prioritas
Belum mencapai Level 2 matematika	83,07%	–	Kritis
Rasa ingin tahu terhadap banyak hal	80%	73%	Kekuatan
Menambah usaha saat tugas sulit	74%	60%	Kekuatan
Menganggap sekolah membuang waktu	9%	24%	Kekuatan
Memiliki pola pikir bertumbuh	30%	69%	Kesenjangan terbesar
Keunggulan skor sains pola pikir bertumbuh	+17 poin	–	Daya ungkit intervensi
Memakai chatbot AI ≥ 1 kali per minggu	53%	46%	Peluang sekaligus risiko
Dukungan orang tua untuk sains di rumah	48% (turun dari 57%)	–	Mediasi keluarga melemah

Sumber: Diolah penulis dari OECD (2026)

Temuan ini memiliki konsekuensi bagi desain intervensi. Karena data PISA bersifat korelasional, penelitian ini tidak menyimpulkan bahwa lemahnya regulasi diri menyebabkan rendahnya capaian. Yang diajukan adalah hipotesis konseptual: bila motivasi sudah tersedia, intervensi yang lebih menjanjikan adalah intervensi yang memperkuat kapasitas merencanakan, memantau, dan menyesuaikan perilaku di tengah godaan digital, serta keyakinan bahwa kemampuan dapat berkembang melalui usaha. Hipotesis ini konsisten dengan model siklus regulasi diri yang menempatkan pemantauan diri dan refleksi sebagai penghubung antara niat dan tindakan (Panadero, 2017; Zimmerman, 2002). Oleh karena itu, indikator keberhasilan utama Smart Guardian ditetapkan pada perubahan regulasi diri dan pola pikir bertumbuh, bukan sekadar pengurangan waktu layar.

Analisis situasi juga mengungkap adanya defisit ganda. Di satu sisi, kontrol eksternal dari lingkungan terdekat anak tidak memadai karena banyak orang tua kekurangan literasi digital dan strategi pendampingan. Pembatasan tanpa dialog cenderung kurang efektif dibandingkan mediasi aktif (Livingstone & Helsper, 2008). Meta-analisis tentang *technoference* orang tua bahkan menemukan bahwa penggunaan gawai oleh orang tua selama berinteraksi dengan anak berasosiasi secara signifikan dengan penggunaan media bermasalah pada anak (Zhang et al., 2025). Di sisi lain, sistem kontrol internal anak belum berkembang. Lingkungan digital yang direkayasa untuk menghadirkan kebaruan secara terus-menerus memanfaatkan mekanisme penguatan variabel, sehingga penggunaan bermasalah kerap bertahan meskipun bertentangan dengan niat pengguna sendiri (Domoff et al., 2020; Lyngs et al., 2019).

Sintesis Literatur: Keterbatasan Solusi yang Ada

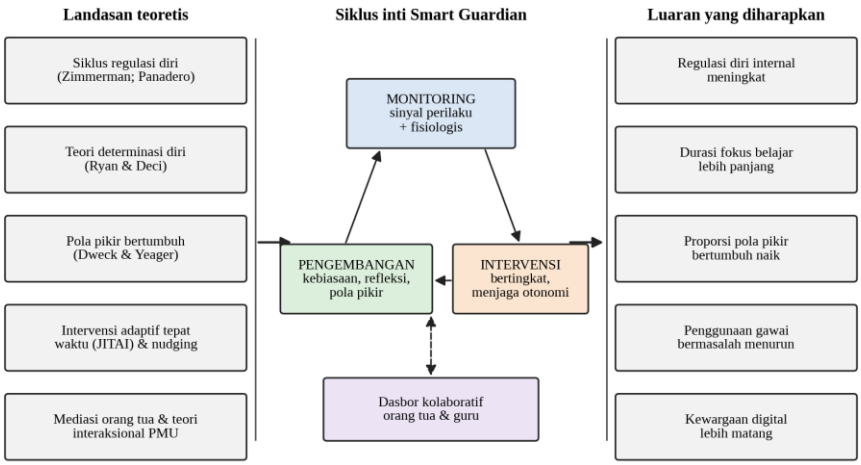
Sintesis tematik terhadap literatur menghasilkan pemetaan tiga keluarga solusi yang selama ini digunakan untuk menangani persoalan regulasi diri digital. Keluarga pertama adalah aplikasi kontrol orang tua dan pengatur waktu layar. Keunggulannya terletak pada kemudahan penerapan dan batasan yang terukur, tetapi aplikasi ini bekerja pada lingkungan, bukan pada individu. Karena lokus kendalinya tetap eksternal, kepatuhan runtuh ketika pengawasan dihentikan, dan remaja kerap mengakali pembatasan, terkadang dengan mengorbankan kepercayaan orang tua.

Keluarga kedua adalah program literasi digital dan pendidikan karakter berbasis sekolah. Program ini kuat secara konseptual, tetapi terbatas secara waktu dan konteks. Pembelajaran di kelas jarang menjangkau murid pada pukul 23.00 ketika keputusan regulasi diri yang sesungguhnya sedang diambil. Keterbatasan ini sangat menentukan bagi pembinaan pola pikir bertumbuh, karena intervensi tunggal hanya menghasilkan efek rata-rata yang kecil dengan variasi yang luas (Burnette et al., 2023; Macnamara & Burgoyne, 2023). Keluarga ketiga adalah aplikasi kesejahteraan digital dan *mindfulness*. Intervensi berbasis *mindfulness* pada anak dan remaja hanya menunjukkan efek positif yang kecil dan belum tentu bertahan (Dunning et al., 2022), dan aplikasi AI mampu menopang perencanaan, pemantauan, serta refleksi (Jin et al., 2023). Namun, aplikasi jenis ini sepenuhnya bergantung pada data laporan diri dan keterlibatan sukarela, serta umumnya dirancang bagi orang dewasa yang sudah termotivasi, bukan bagi anak yang sistem regulasi dirinya masih berkembang.

Sintesis tersebut memperjelas kesenjangan penelitian. Sejauh literatur dan produk yang ditelaah, belum ditemukan solusi yang memadukan penginderaan perilaku dan fisiologis, intervensi adaptif waktu nyata yang berlandaskan teori regulasi diri, dan jalur pembentukan kebiasaan yang sekaligus membina pola pikir bertumbuh dalam satu sistem berbiaya rendah bagi sekolah dan keluarga di negara berkembang. Kesenjangan ini sejalan dengan agenda riset interdisipliner yang menekankan perlunya intervensi yang menyasar faktor pemelihara penggunaan bermasalah pada anak (Domoff et al., 2020).

Kerangka Konseptual Smart Guardian

Integrasi hasil sintesis menghasilkan kerangka konseptual sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Kerangka ini terdiri atas tiga lapis. Lima landasan teoretis di sisi kiri mengarahkan siklus inti pemantauan–intervensi–pengembangan di bagian tengah, yang didukung dasbor kolaboratif orang tua dan guru, menuju lima luaran di sisi kanan.



Gambar 3. Kerangka konseptual Smart Guardian. Sumber: Diolah penulis (2026)

Siklus pemantauan–intervensi–pengembangan dipetakan langsung pada siklus regulasi diri: tahap pemantauan mewakili fase observasi diri, tahap intervensi mewakili fase evaluasi dan penyesuaian, dan tahap pengembangan mewakili fase refleksi dan konsolidasi. Hubungan antara landasan teori, mekanisme kerja, dan indikator regulasi diri yang ditargetkan oleh setiap fitur dirangkum pada Tabel 2.

Prinsip yang paling menentukan dalam kerangka ini adalah tujuan desain eksplisit agar sistem secara bertahap menjadi tidak diperlukan seiring matangnya kendali internal. Prinsip ini membedakan Smart Guardian dari sebagian besar alat kontrol yang justru dirancang untuk digunakan terus-menerus. Dalam kerangka *Behaviour Change Wheel*, beban perubahan dipindahkan secara bertahap dari kesempatan yang disediakan sistem menuju kapabilitas dan motivasi otonom anak (Michie et al., 2011).

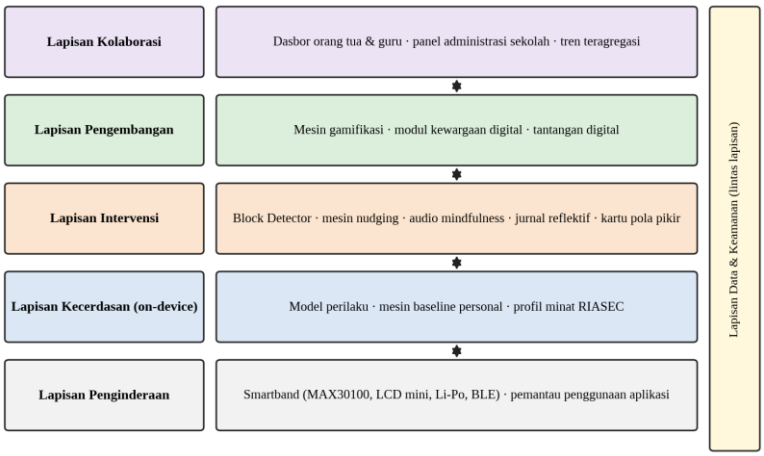
Arsitektur Sistem dan Prototipe

Penurunan kerangka konseptual ke dalam rancangan teknis menghasilkan dua artefak utama, yaitu prototipe *smartband* dan prototipe aplikasi. Prototipe *smartband* ditunjukkan pada Gambar 4. Layar LCD mini memungkinkan *nudge* dan lencana tampil tanpa harus membuka ponsel, sedangkan casing modular memudahkan perbaikan. Komponen yang murah dan tersedia luas dipilih agar sistem terjangkau bagi sekolah dan rumah tangga di negara berkembang.



Gambar 4. Prototipe smartband Smart Guardian. Sumber: Dokumentasi penulis (2026)

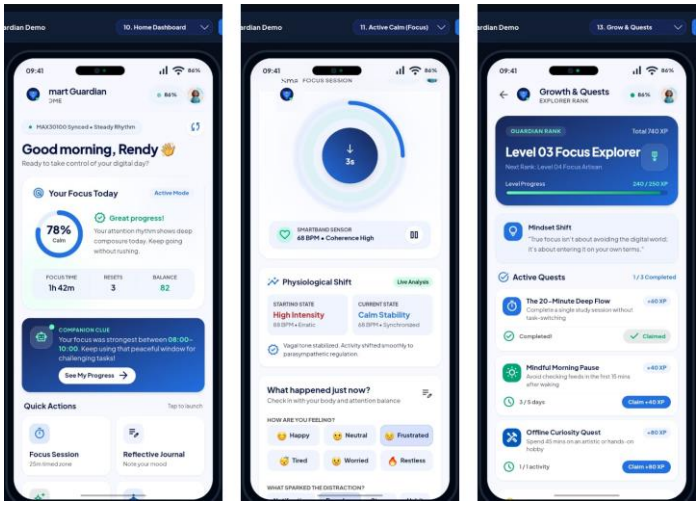
Arsitektur informasi sistem diorganisasikan dalam enam lapisan sebagaimana disajikan pada Gambar 5. Data perilaku dan fisiologis ditangkap pada lapisan penginderaan, diolah secara lokal pada lapisan kecerdasan untuk memperkirakan kemungkinan penggunaan disregulatif, diubah menjadi respons bertingkat pada lapisan intervensi, dikukuhkan menjadi kebiasaan pada lapisan pengembangan, lalu dibagikan dalam bentuk teragregasi kepada orang tua dan guru melalui lapisan kolaborasi. Lapisan data dan keamanan berjalan melintasi seluruh lapisan untuk menjamin minimisasi data.



Gambar 5. Arsitektur sistem berlapis Smart Guardian. Sumber: Diolah penulis (2026)

Prototipe aplikasi dikembangkan dalam bentuk antarmuka berfidelitas tinggi. Gambar 6 menampilkan tiga layar kunci, yaitu dasbor beranda, sesi *Active Calm*, serta modul *Growth & Quests*. Dasbor beranda menampilkan skor ketenangan fokus, durasi fokus, dan saran jam fokus optimal. Sesi *Active Calm* merupakan modul latihan berbasis *biofeedback* yang memvisualisasikan pergeseran fisiologis dari keadaan tegang menuju tenang, lalu diakhiri dengan *check-in* singkat untuk menandai keadaan emosi dan pemicu distraksi. Pendekatan ini sejalan dengan bukti bahwa latihan *biofeedback* variabilitas detak jantung dapat membantu individu meningkatkan regulasi otonom dan emosinya (Lehrer & Gevirtz, 2014).

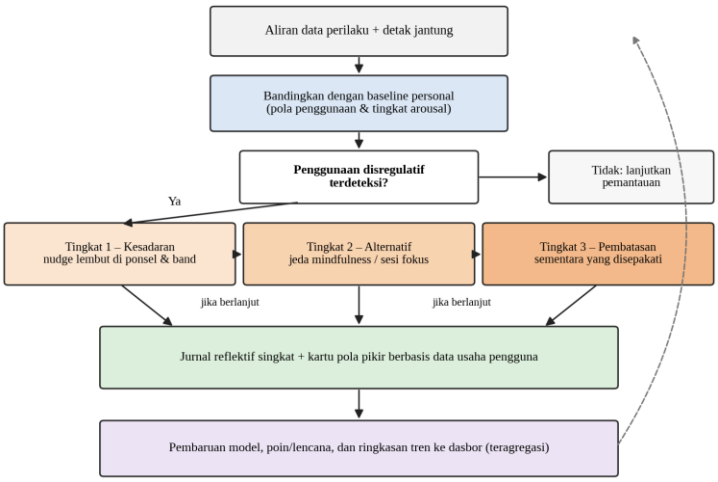
Alur awal penggunaan aplikasi juga dirancang sebagai bagian dari intervensi. Pengguna diperlihatkan sensor apa yang aktif dan untuk apa datanya dipakai, data fisiologis mentah tetap di ponsel, tidak ada perekaman layar terselubung maupun penguncian aplikasi yang menghukum, dan anak memilih sendiri tujuan pribadinya, misalnya fokus yang lebih baik atau belajar yang lebih konsisten. Rancangan ini menempatkan anak sebagai agen yang memilih, bukan sebagai objek yang diawasi, sehingga sesuai dengan prinsip dukungan otonomi dalam teori determinasi diri (Ryan & Deci, 2020).



Gambar 6. Prototipe antarmuka aplikasi Smart Guardian: dasbor beranda, Active Calm, dan Growth & Quests. Sumber: Dokumentasi penulis (2026); nilai numerik pada layar merupakan data simulasi

Fitur dan Mekanisme Intervensi Bertingkat

Sistem menyediakan sepuluh fitur yang dirangkum pada Tabel 2. Inti seluruh fitur adalah logika intervensi bertingkat pada Gambar 7. Ketika pola penggunaan menyimpang dari *baseline* personal, misalnya perpindahan aplikasi yang sangat sering pada jam belajar, sistem tidak langsung membatasi. Sistem terlebih dahulu memicu kesadaran melalui *nudge* lembut, lalu menawarkan aktivitas alternatif seperti jeda *mindfulness* satu menit atau sesi fokus, dan baru menerapkan pembatasan sementara yang telah disepakati bila pola tersebut berlanjut.



Gambar 7. Logika intervensi bertingkat Smart Guardian. Sumber: Diolah penulis (2026)

Urutan tersebut disengaja. Meta-analisis intervensi arsitektur pilihan lintas ranah perilaku menunjukkan bahwa *nudge* yang tetap mempertahankan kebebasan memilih menghasilkan efek berukuran kecil hingga sedang (d = 0,45), meskipun bervariasi menurut kategori intervensi (Mertens et al., 2022). Dalam kerangka JITAI, pilihan intensitas intervensi harus disesuaikan dengan keadaan kerentanan dan kesiapan individu agar tidak menimbulkan kejenuhan (Nahum-Shani et al., 2018). Dengan menempatkan pembatasan sebagai langkah terakhir, Smart Guardian menjaga rasa otonomi pengguna dan dengan demikian juga motivasi intrinsik yang menjadi syarat perubahan jangka panjang (Ryan & Deci, 2020).

Komponen AI pada Smart Guardian masih berupa rancangan dan belum diimplementasikan. Masukannya terdiri atas tiga jenis data: statistik penggunaan aplikasi dari sistem operasi (kategori aplikasi, durasi sesi, frekuensi perpindahan, dan waktu layar menyala),

ringkasan detak jantung per menit dari *smartband*, serta *check-in* singkat yang diisi anak. Pada tahap awal, keputusan intervensi diambil dengan aturan eksplisit, bukan model kotak hitam. Pemicu utama selalu berasal dari pola penggunaan, misalnya frekuensi perpindahan aplikasi pada jam belajar yang melampaui persentil ke-90 dari *baseline* empat belas hari pengguna. Detak jantung hanya berfungsi sebagai sinyal pendukung yang menaikkan tingkat keyakinan; kenaikan detak jantung tanpa pola penggunaan yang menyimpang tidak memicu intervensi, dan periode yang terindikasi aktivitas fisik diabaikan. Sistem tidak berupaya membedakan stres, distraksi, aktivitas fisik, atau variasi detak jantung normal hanya dari sinyal fisiologis. Keluaran sistem berupa tingkat intervensi (0–3), rekomendasi konten, dan ringkasan tren teragregasi. Batas kewenangannya juga ditetapkan: sistem tidak mendiagnosis, tidak menyimpulkan keadaan psikologis anak, tidak mengunci perangkat tanpa kesepakatan sebelumnya, dan tidak membagikan data mentah. Model pembelajaran mesin baru akan menggantikan aturan tersebut setelah dilatih dan divalidasi dengan data berlabel dari uji lapangan.

Tabel 2. Landasan teori, mekanisme kerja, dan indikator sasaran fitur Smart Guardian

Fitur	Landasan teori	Mekanisme kerja	Indikator sasaran
Pemantauan perilaku digital	Observasi diri dalam siklus regulasi diri (Zimmerman, 2002)	Mencatat kategori aplikasi, durasi sesi, dan frekuensi perpindahan untuk membentuk *baseline* personal	Kesadaran atas pola penggunaan; durasi fokus
Block Detector	Intervensi adaptif tepat waktu (Nahum-Shani et al., 2018)	Memicu intervensi bertingkat bila pola penggunaan melampaui *baseline*; detak jantung hanya sinyal pendukung	Frekuensi episode penggunaan disregulatif
Intervensi *mindfulness*	*Biofeedback* dan regulasi emosi (Lehrer & Gevirtz, 2014)	Jeda napas dan audio fokus singkat ketika pola disregulatif terdeteksi	Kembali ke tugas setelah jeda
Jurnal reflektif	Fase refleksi diri (Panadero, 2017)	Prompt singkat setelah intervensi untuk menamai pemicu dan strategi	Kemampuan mengenali pemicu
Modul kewargaan digital	Mediasi aktif dan literasi digital (Livingstone & Helsper, 2008)	Pembelajaran mikro bertahap, termasuk evaluasi keluaran AI	Pemahaman kewargaan digital
Kartu pola pikir bertumbuh	Teori pola pikir (Dweck & Yeager, 2019)	Pesan pola pikir dipasangkan dengan data usaha pengguna sendiri	Skor pola pikir bertumbuh
Gamifikasi dan lencana	Teori determinasi diri (Ryan & Deci, 2020)	Penghargaan atas strategi dan kompetensi, bukan atas pantang layar	Konsistensi sesi fokus; motivasi otonom
Tantangan digital	Keterhubungan dalam teori determinasi diri (Ryan & Deci, 2020)	Tantangan mingguan secara individual atau bersama teman sekelas	Partisipasi dalam kebiasaan digital sehat
Asesmen RIASEC	Teori minat vokasional Holland (Nauta, 2010)	Mengarahkan perhatian ke aktivitas luring yang selaras minat	Keterlibatan dalam aktivitas luring
Dasbor orang tua dan guru	Mediasi orang tua (Livingstone & Helsper, 2008)	Tren teragregasi dan prompt percakapan, tanpa data mentah	Frekuensi dialog pendampingan

Sumber: Diolah penulis (2026)

Fitur kartu pola pikir bertumbuh merupakan respons langsung terhadap kesenjangan terbesar dalam PISA 2025. Alih-alih menyampaikan pesan pola pikir sebagai pelajaran tunggal, Smart Guardian menanamkannya dalam lingkaran umpan balik. Setiap sesi fokus yang tuntas dan distraksi yang berhasil ditahan menjadi bukti konkret bahwa usaha pengguna mengubah hasil yang dapat ia lihat. Karena pola pikir bertumbuh dan strategi *self-regulated learning* saling berasosiasi (Chen & Bonner, 2025), dan karena intervensi pola pikir paling efektif apabila berkelanjutan (Burnette et al., 2023; Yeager et al., 2019), pengalaman kecil yang berulang tentang perbaikan berbasis usaha merupakan jalur yang lebih masuk akal menuju perubahan pola pikir yang bertahan dibandingkan nasihat.

Fitur gamifikasi dirancang dengan kehati-hatian karena gamifikasi yang keliru dapat menggeser motivasi intrinsik menjadi ekstrinsik. Meta-analisis menunjukkan bahwa efek gamifikasi terhadap luaran belajar bersifat positif tetapi dimoderasi oleh desainnya (Sailer & Homner, 2020). Oleh karena itu, poin dan lencana Smart Guardian diberikan untuk perilaku yang mencerminkan kompetensi dan otonomi, misalnya menuntaskan sesi fokus dua puluh menit atau melakukan misi rasa ingin tahu di luar jaringan, bukan semata-mata untuk tidak menggunakan layar. Modul kewargaan digital juga secara eksplisit mengajarkan evaluasi terhadap keluaran AI, sehingga tingginya penggunaan *chatbot* AI di kalangan murid Indonesia dapat diarahkan menjadi alat bernalar, bukan sekadar alat mencari jawaban.

Posisi Smart Guardian terhadap Solusi yang Ada

Untuk memposisikan model, dilakukan pemetaan fitur terhadap tiga produk yang mewakili masing-masing keluarga solusi, yaitu Google Family Link, Forest, dan Headspace. Pemetaan ini hanya didasarkan pada informasi fitur yang dipublikasikan di laman resmi masing-masing produk (diakses November 2026) dan tidak dimaksudkan sebagai evaluasi efektivitas empiris. Google Family Link menyediakan batas waktu layar, jadwal istirahat, pembatasan dan pemblokiran aplikasi, filter konten, lokasi, serta ringkasan penggunaan per aplikasi bagi orang tua (Google, n.d.). Forest menyediakan pengatur waktu fokus berbentuk pohon virtual, pemblokiran aplikasi selama sesi fokus, pelacakan waktu layar, sistem penghargaan, fitur sosial, dan latihan napas (Seekrtech, n.d.). Headspace menyediakan meditasi terpandu, konten tidur dan fokus, serta konten *mindfulness* untuk anak dan keluarga (Headspace, n.d.). Berdasarkan informasi publik tersebut, tidak satu pun produk yang dipetakan memadukan sinyal perilaku dan fisiologis, intervensi bertingkat yang non-punitif, refleksi, dan pembinaan pola pikir bertumbuh dalam satu sistem. Perbedaan ini merupakan perbedaan rancangan, bukan bukti bahwa Smart Guardian lebih efektif daripada produk pembanding.

Pemetaan tersebut perlu dibaca secara kritis. Produk yang telah mapan memiliki basis pengguna, sumber daya, dan jangkauan distribusi yang jauh lebih besar, sedangkan Smart Guardian belum diuji. Integrasi sinyal fisiologis juga menambah ketergantungan pada perangkat keras dan berpotensi menghasilkan positif palsu (Bent et al., 2020; Schmidt et al., 2019), sehingga keunggulan rancangan ini baru dapat dinilai setelah melalui pengujian lapangan.

Strategi Implementasi dan Kemitraan Pentahelix

Implementasi Smart Guardian dirancang mengikuti tahapan ADDIE dengan indikator keberhasilan yang dirumuskan menggunakan pendekatan SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound*). Tahap analisis (bulan 1–2) menargetkan profil awal regulasi diri dari minimal 300 murid di tiga sekolah mitra. Tahap desain (bulan 3–5) menghasilkan dokumen desain dan prototipe antarmuka yang disetujui tiga ahli, dan tahap pengembangan (bulan 6–10) menghasilkan *smartband* fungsional serta aplikasi beta yang lolos batas kritis CVR. Tahap implementasi (bulan 11–19) melibatkan minimal 150 murid yang menggunakan sistem selama 12 minggu berturut-turut, sedangkan tahap evaluasi (bulan 20–24) menargetkan peningkatan skor regulasi diri pada sedikitnya 60% partisipan dan kenaikan minimal 15 poin persentase pada proporsi murid berpola pikir bertumbuh. Seluruh target ini merupakan target perencanaan yang akan disesuaikan dengan hasil studi pendahuluan.

Keberhasilan implementasi juga memerlukan kolaborasi lintas sektor. Penelitian ini mengadopsi skema pentahelix yang melibatkan pemerintah, akademisi, industri, komunitas, dan media sebagai ekosistem pendukung yang saling menguatkan. Pemerintah membuka akses kebijakan dan sekolah, akademisi memvalidasi instrumen dan dampak, industri mendukung produksi, komunitas dan orang tua menjadi lapisan mediasi, dan media memperluas literasi publik.

Rancangan Evaluasi dan Indikator Dampak

Karena penelitian ini masih berada pada tahap konseptual dan prototipe, efektivitas Smart Guardian belum dapat diklaim. Dampak yang diuraikan berikut merupakan hipotesis yang akan diuji melalui protokol evaluasi pada bagian Metode. Secara ilmiah dan teknologis, Smart

Guardian diharapkan menghasilkan arsitektur tervalidasi yang dapat direplikasi yang menghubungkan penginderaan fisiologis dan perilaku dengan intervensi regulasi diri berbasis teori. Secara pendidikan, sistem ini diharapkan memperkuat *self-regulated learning* dan durasi perhatian selama belajar. Sasaran yang paling langsung terukur adalah kesenjangan pola pikir: menaikkan proporsi murid berpola pikir bertumbuh dari 30% ke arah rata-rata OECD sebesar 69% akan, berdasarkan bukti PISA yang sama, berasosiasi dengan kinerja sains yang lebih tinggi (OECD, 2026). Secara sosial dan ekonomi, inovasi ini diharapkan mengurangi beban kesehatan mental yang berkaitan dengan penggunaan digital bermasalah dan memulihkan komunikasi orang tua–anak dengan menggantikan konflik tentang waktu layar menjadi refleksi bersama, sehingga menjawab dinamika *technoference* yang terdokumentasi dalam kajian meta-analitik (Zhang et al., 2025).

Risiko, Pertimbangan Etis, dan Mitigasi

Perancangan teknologi yang memantau anak membawa risiko etis yang tidak boleh diabaikan. Risiko yang paling mendasar adalah persepsi anak bahwa perangkat merupakan alat pengawasan. Apabila persepsi ini muncul, sistem justru dapat merusak otonomi dan memicu penolakan, sehingga bertentangan dengan tujuan utamanya. Oleh karena itu, transparansi tidak ditempatkan sebagai tambahan, melainkan sebagai fitur inti: anak selalu dapat melihat data apa yang direkam, dan dasbor orang dewasa hanya menampilkan tren teragregasi beserta prompt percakapan, bukan rekaman aktivitas mentah.

Implikasi Teoretis, Implikasi Praktis, dan Keterbatasan

Secara teoretis, penelitian ini menawarkan operasionalisasi siklus regulasi diri ke dalam arsitektur sistem yang dapat diukur. Smart Guardian membuka kemungkinan untuk mengamati fase-fase regulasi diri secara langsung melalui jejak perilaku dan respons terhadap intervensi. Penelitian ini juga mengusulkan bahwa pembinaan pola pikir bertumbuh dapat dipindahkan dari ranah pesan ke ranah pengalaman yang berulang dan terdokumentasi, sebuah proposisi yang konsisten dengan pandangan Dweck dan Yeager (2019) dan dapat diuji secara empiris pada tahap berikutnya. Secara praktis, model ini memberi kerangka bagi sekolah untuk mengintegrasikan pembinaan regulasi diri ke dalam kegiatan pembelajaran, bagi orang tua untuk beralih dari pengawasan menuju pendampingan, dan bagi pengembang teknologi untuk menerapkan prinsip desain yang berpusat pada manusia dalam produk bagi anak dan remaja.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, sebagai penelitian konseptual, bukti efektivitas Smart Guardian masih bersifat teoretis dan menunggu validasi lapangan. Kedua, data PISA 2025 yang digunakan mengukur murid berusia 15 tahun, sehingga generalisasi ke kelompok usia yang lebih muda perlu dilakukan dengan hati-hati. Ketiga, kajian literatur yang digunakan bersifat integratif, bukan sistematis, sehingga tidak menghasilkan estimasi efek gabungan. Keempat, penggunaan detak jantung sebagai indikator *arousal* memiliki keterbatasan akurasi yang melekat pada sensor optik dan belum divalidasi terhadap alat rujukan.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa persoalan penggunaan teknologi oleh anak dan remaja tidak hanya menyangkut akses, tetapi juga kapasitas untuk mengatur diri. Data PISA 2025 memperlihatkan bahwa murid Indonesia lebih ingin tahu, lebih gigih, dan lebih bersedia mencari bantuan dibandingkan rekan mereka di negara OECD, tetapi kurang dari sepertiga yang meyakini bahwa kemampuannya dapat bertumbuh dan kurang dari seperlima yang mencapai kecakapan dasar matematika. Data tersebut bersifat korelasional; penelitian ini membacanya sebagai dasar hipotesis bahwa penguatan regulasi diri dan pola pikir bertumbuh perlu menjadi sasaran intervensi, bukan sebagai bukti hubungan sebab-akibat.

Penelitian ini menghasilkan model konseptual dan prototipe *Smart Guardian*, yaitu sistem yang memadukan *smartband* berbiaya rendah dengan aplikasi berbasis AI dan bekerja melalui siklus pemantauan, intervensi bertingkat yang menjaga otonomi, serta pengembangan kebiasaan. Kontribusinya terletak pada empat hal: perpaduan data perilaku sebagai pemicu utama

dengan data fisiologis sebagai sinyal pendukung, urutan intervensi bertingkat yang berbeda dari alat berbasis pemblokiran, penanaman pola pikir bertumbuh melalui pengalaman yang berulang dan terbukti, serta pelibatan orang tua dan guru melalui dasbor kolaboratif yang mengubah pengawasan menjadi pendampingan. Model ini juga dirancang untuk secara bertahap menjadi tidak diperlukan seiring matangnya kendali internal anak, sehingga teknologi diposisikan sebagai sarana pembentukan karakter, bukan sekadar alat kontrol. Perlu ditegaskan bahwa efektivitas *Smart Guardian* belum dibuktikan; model ini masih memerlukan validasi ahli, uji kebergunaan, validasi sensor, dan pengujian lapangan terkontrol sebelum dapat direkomendasikan untuk diterapkan secara luas.

Berdasarkan temuan tersebut, beberapa saran dapat diajukan. Pemerintah perlu mengintegrasikan pengembangan regulasi diri ke dalam kebijakan pendidikan nasional melalui kurikulum dan pendampingan digital berbasis sekolah. Lembaga pendidikan dan guru perlu dibekali literasi digital yang memadai agar dapat berperan sebagai fasilitator aktif perilaku digital murid. Keterlibatan orang tua perlu diperkuat melalui program edukasi berbasis komunitas tentang dinamika ekosistem digital dan strategi mediasi yang efektif. Industri teknologi perlu didorong untuk menerapkan prinsip desain yang berpusat pada manusia pada produk bagi anak dan remaja. Untuk penelitian lanjutan, prioritas perlu diberikan pada validasi ahli dan uji kebergunaan, uji coba terkontrol secara acak di beberapa sekolah untuk menetapkan ukuran efek, pelacakan longitudinal untuk memastikan apakah perubahan bertahan setelah penggunaan perangkat berakhir, serta penyempurnaan pembelajaran mesin di perangkat.

DAFTAR RUJUKAN

APJII. (2023). *Laporan survei internet APJII 2023*. Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. https://apjii.or.id

Bent, B., Goldstein, B. A., Kibbe, W. A., & Dunn, J. P. (2020). Investigating sources of inaccuracy in wearable optical heart rate sensors. *npj Digital Medicine, 3*, 18. https://doi.org/10.1038/s41746-020-0226-6

Burnette, J. L., Billingsley, J., Banks, G. C., Knouse, L. E., Hoyt, C. L., Pollack, J. M., & Simon, S. (2023). A systematic review and meta-analysis of growth mindset interventions: For whom, how, and why might such interventions work? *Psychological Bulletin*, *149*(3–4), 174–205. https://doi.org/10.1037/bul0000368

Busch, P. A., & McCarthy, S. (2021). Antecedents and consequences of problematic smartphone use: A systematic literature review of an emerging research area. *Computers in Human Behavior, 114*, 106414. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106414

Chen, S., & Bonner, S. M. (2025). A review of the relationship between student growth mindset and self-regulated learning. *Frontiers in Education, 10*, 1539639. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1539639

Domoff, S. E., Borgen, A. L., & Radesky, J. S. (2020). Interactional theory of childhood problematic media use. *Human Behavior and Emerging Technologies*, *2*(4), 343–353. https://doi.org/10.1002/hbe2.217

Dörrenbächer-Ulrich, L., & Bregulla, M. (2024). The relationship between self-regulated learning and executive functions—A systematic review. *Educational Psychology Review*, *36*(3), Article 95. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09932-8

Dunning, D., Tudor, K., Radley, L., Dalrymple, N., Funk, J., Vainre, M., Ford, T., Montero-Marin, J., Kuyken, W., & Dalgleish, T. (2022). Do mindfulness-based programmes improve the cognitive skills, behaviour and mental health of children and adolescents? An updated meta-analysis of randomised controlled trials. *Evidence-Based Mental Health, 25*(3), 135–142. https://doi.org/10.1136/ebmental-2022-300464

Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on Psychological Science, 14*(3), 481–496. https://doi.org/10.1177/1745691618804166

Girela-Serrano, B. M., Spiers, A. D. V., Ruotong, L., Gangadia, S., Toledano, M. B., & Di

Simplicio, M. (2024). Impact of mobile phones and wireless devices use on children and adolescents' mental health: A systematic review. *European Child & Adolescent Psychiatry, 33*, 1621–1651. https://doi.org/10.1007/s00787-022-02012-8

Google. (n.d.). *Family Link from Google: Family safety & parental control tools*. Retrieved November 17, 2026, from https://families.google/familylink/

Guntur, M., & Purnomo, Y. W. (2024). A meta-analysis of self-regulated learning intervention studies on learning outcomes in online and blended environments. *Online Learning, 28*(3). https://doi.org/10.24059/olj.v28i3.4025

Headspace. (n.d.). *Mental wellness app: Meditation & sleep*. Retrieved November 17, 2026, from https://www.headspace.com/headspace-meditation-app

Jabareen, Y. (2009). Building a conceptual framework: Philosophy, definitions, and procedure. *International Journal of Qualitative Methods, 8*(4), 49–62. https://doi.org/10.1177/160940690900800406

Jin, S. H., Im, K., Yoo, M., Roll, I., & Seo, K. (2023). Supporting students' self-regulated learning in online learning using artificial intelligence applications. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*, 37. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00406-5

Kwon, M., Kim, D.-J., Cho, H., & Yang, S. (2013). The Smartphone Addiction Scale: Development and validation of a short version for adolescents. *PLoS ONE, 8*(12), e83558. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083558

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology, 28*(4), 563–575. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x

Lehrer, P. M., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: How and why does it work? *Frontiers in Psychology, 5*, 756. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756

Lewis, J. R. (2018). The System Usability Scale: Past, present, and future. *International Journal of Human–Computer Interaction, 34*(7), 577–590. https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307

Livingstone, S., & Helsper, E. J. (2008). Parental mediation of children's internet use. *Journal of Broadcasting & Electronic Media, 52*(4), 581–599. https://doi.org/10.1080/08838150802437396

Lu, X., An, X., & Chen, S. (2024). Trends and influencing factors in problematic smartphone use prevalence (2012–2022): A systematic review and meta-analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 27*(9), 616–634. https://doi.org/10.1089/cyber.2023.0548

Lyngs, U., Lukoff, K., Slovak, P., Binns, R., Slack, A., Inzlicht, M., Van Kleek, M., & Shadbolt, N. (2019). Self-control in cyberspace: Applying dual systems theory to a review of digital self-control tools. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Paper 131). ACM. https://doi.org/10.1145/3290605.3300361

Macnamara, B. N., & Burgoyne, A. P. (2023). Do growth mindset interventions impact students' academic achievement? A systematic review and meta-analysis with recommendations for best practices. *Psychological Bulletin, 149*(3–4), 133–173. https://doi.org/10.1037/bul0000352

Meng, S.-Q., Cheng, J.-L., Li, Y.-Y., Yang, X.-Q., Zheng, J.-W., Chang, X.-W., Shi, Y., Chen, Y., Lu, L., Sun, Y., Bao, Y.-P., & Shi, J. (2022). Global prevalence of digital addiction in general population: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychology Review, 92*, 102128. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2022.102128

Mertens, S., Herberz, M., Hahnel, U. J. J., & Brosch, T. (2022). The effectiveness of nudging: A meta-analysis of choice architecture interventions across behavioral domains. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 119*(1), e2107346118. https://doi.org/10.1073/pnas.2107346118

Michie, S., van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel: A new method

for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Science, 6*, 42. https://doi.org/10.1186/1748-5908-6-42

Moilanen, K. L. (2007). The Adolescent Self-Regulatory Inventory: The development and validation of a questionnaire of short-term and long-term self-regulation. *Journal of Youth and Adolescence, 36*(6), 835–848. https://doi.org/10.1007/s10964-006-9107-9

Molenaar, I. (2022). The concept of hybrid human-AI regulation: Exemplifying how to support young learners' self-regulated learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 3*, 100070. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100070

Monge Roffarello, A., & De Russis, L. (2023). Achieving digital wellbeing through digital self-control tools: A systematic review and meta-analysis. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 30*(4), Article 53. https://doi.org/10.1145/3571810

Nahum-Shani, I., Smith, S. N., Spring, B. J., Collins, L. M., Witkiewitz, K., Tewari, A., & Murphy, S. A. (2018). Just-in-time adaptive interventions (JITAIs) in mobile health: Key components and design principles for ongoing health behavior support. *Annals of Behavioral Medicine, 52*(6), 446–462. https://doi.org/10.1007/s12160-016-9830-8

Nauta, M. M. (2010). The development, evolution, and status of Holland's theory of vocational personalities: Reflections and future directions for counseling psychology. *Journal of Counseling Psychology, 57*(1), 11–22. https://doi.org/10.1037/a0018213

OECD. (2026). *PISA 2025 results (Volume I): Future-ready students*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/73451bc5-en

Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology, 8*, 422. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems, 24*(3), 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Poulain, T., Vogel, M., Kliesener, T., & Kiess, W. (2023). Associations between changes in behavioral difficulties and levels of problematic smartphone use in adolescents over a 1-year period. *European Child & Adolescent Psychiatry, 32*, 533–536. https://doi.org/10.1007/s00787-021-01893-5

Radesky, J. S., Kaciroti, N., Weeks, H. M., Schaller, A., & Miller, A. L. (2023). Longitudinal associations between use of mobile devices for calming and emotional reactivity and executive functioning in children aged 3 to 5 years. *JAMA Pediatrics, 177*(1), 62–70. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2022.4793

Radtke, T., Apel, T., Schenkel, K., Keller, J., & von Lindern, E. (2022). Digital detox: An effective solution in the smartphone era? A systematic literature review. *Mobile Media & Communication, 10*(2), 190–215. https://doi.org/10.1177/20501579211028647

Robson, D. A., Allen, M. S., & Howard, S. J. (2020). Self-regulation in childhood as a predictor of future outcomes: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin, 146*(4), 324–354. https://doi.org/10.1037/bul0000227

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology, 61*, 101860. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860

Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review, 32*, 77–112. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w

Sanders, T., Noetel, M., Parker, P., Del Pozo Cruz, B., Biddle, S., Ronto, R., Hulteen, R., Parker, R., Thomas, G., De Cocker, K., Salmon, J., Hesketh, K., Weeks, N., Arnott, H., Devine, E., Vasconcellos, R., Pagano, R., Sherson, J., Conigrave, J., & Lonsdale, C. (2024). An umbrella review of the benefits and risks associated with youths' interactions with electronic screens. *Nature Human Behaviour, 8*(1), 82–99. https://doi.org/10.1038/s41562-023-01712-8

Schmidt, P., Reiss, A., Dürichen, R., & Van Laerhoven, K. (2019). Wearable-based affect

recognition—A review. *Sensors, 19*(19), 4079. https://doi.org/10.3390/s19194079
Seekrtech. (n.d.). *Forest: Focus for productivity* [Mobile app]. App Store. Retrieved November 17, 2026, from https://apps.apple.com/us/app/id866450515
Shahidin, S. H., Midin, M., Sidi, H., Choy, C. L., Nik Jaafar, N. R., Mohd Salleh Sahimi, H., & Che Roos, N. A. (2022). The relationship between emotion regulation and problematic smartphone use: A systematic review and meta-analyses. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(23), 15848. https://doi.org/10.3390/ijerph192315848
Sisk, V. F., Burgoyne, A. P., Sun, J., Butler, J. L., & Macnamara, B. N. (2018). To what extent and under which circumstances are growth mind-sets important to academic achievement? Two meta-analyses. *Psychological Science, 29*(4), 549–571. https://doi.org/10.1177/0956797617739704
Siste, K., Suwartono, C., Nasrun, M. W., Bardosono, S., Sekartini, R., Pandelaki, J., Sarasvita, R., Murtani, B. J., Damayanti, R., & Wiguna, T. (2021). Validation study of the Indonesian internet addiction test among adolescents. *PLoS ONE, 16*(2), e0245833. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245833
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
Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A comparative study of the ADDIE instructional design model in distance education. *Information, 13*(9), 402. https://doi.org/10.3390/info13090402
Theobald, M. (2021). Self-regulated learning training programs enhance university students' academic performance, self-regulated learning strategies, and motivation: A meta-analysis. *Contemporary Educational Psychology, 66*, 101976. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.101976
Vos, G., Trinh, K., Sarnyai, Z., & Rahimi Azghadi, M. (2023). Generalizable machine learning for stress monitoring from wearable devices: A systematic literature review. *International Journal of Medical Informatics, 173*, 105026. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105026
Yeager, D. S., Carroll, J. M., Buontempo, J., Cimpian, A., Woody, S., Crosnoe, R., Muller, C., Murray, J., Mhatre, P., Kersting, N., Hulleman, C., Kudym, M., Murphy, M., Duckworth, A. L., Walton, G. M., & Dweck, C. S. (2022). Teacher mindsets help explain where a growth-mindset intervention does and doesn't work. *Psychological Science, 33*(1), 18–32. https://doi.org/10.1177/09567976211028984
Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., Tipton, E., Schneider, B., Hulleman, C. S., Hinojosa, C. P., Paunesku, D., Romero, C., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Iachan, R., Buontempo, J., Yang, S. M., Carvalho, C. M., … Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature, 573*(7774), 364–369. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y
Zeng, J., Sun, D., Looi, C.-K., & Fan, A. C. W. (2024). Exploring the impact of gamification on students' academic performance: A comprehensive meta-analysis of studies from the year 2008 to 2023. *British Journal of Educational Technology, 55*(6), 2478–2502. https://doi.org/10.1111/bjet.13471
Zhang, J., Zhang, Q., Xiao, B., Cao, Y., Chen, Y., & Li, Y. (2025). Parental technoference and child problematic media use: Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research, 27*, e57636. https://doi.org/10.2196/57636
Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice, 41*(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2