




# Pertumbuhan Tanpa Batas: Transformasi Pembelajaran Sepanjang Hayat Melalui Integrasi Pendamping Edukasi yang Pervasif

Teng Poh Chow , Parwati Ni Nyoman, Agustini Ketut, Teguh I Made

[Informasi penulis ada di bagian deklarasi. Artikel ini diterbitkan oleh ETFLIN dalam Kolaborasi Masyarakat, Volume 1, Issue 2, 2025, Halaman 39-45. DOI 10.58920/kolmas0102360]


**Masuk:** 20 May 2025

**Revisi:** 31 July 2025

**Terima:** 06 November 2025

**Terbit:** 14 November 2025

**Editor:** Yoseb Boari

 Artikel ini terlisensi di bawah Creative Commons Attribution 4.0 International License. © Penulis (2025).

**Kata-Kunci:** Pembelajaran sepanjang hayat, Pendidikan berkelanjutan, Regulasi diri, Pendamping edukasi, Teknologi pervasif.

**Abstract:** “You don’t really understand something until you learn it in more than one way.” – Marvin Minsky. Pervasive learning is transforming educational paradigms by enabling adaptive, continuous, and personalized learning experiences beyond traditional classrooms. This study proposes an innovative framework for a Pervasive Educational Companion that seamlessly integrates into daily activities to support lifelong learning. Focusing on adult learners as the primary users, the research emphasizes the need for flexibility, autonomy, and adaptability in learning processes. Through literature review, mixed-methods analysis, and empirical validation, the study highlights the significance of personalization, adaptability, and systemic integration for effective learning environments. Findings indicate that elements such as gamification and virtual reality substantially enhance learner motivation and engagement. The proposed system provides real-time feedback, adaptive learning pathways, and contextual resources to improve learning retention and efficiency. Key challenges—including technological barriers, digital inequality, and pedagogical evolution—are also discussed. This framework aims to build an inclusive and transformative pervasive learning ecosystem empowered by AI and IoT, fostering sustainable individual growth through lifelong learning.

**Abstrak:** “Anda tidak benar-benar memahami sesuatu sampai Anda mempelajarinya dalam lebih dari satu cara.” – Marvin Minsky. Pembelajaran pervasif merevolusi paradigma pendidikan dengan menghadirkan pengalaman belajar adaptif, berkelanjutan, dan personal yang melampaui batas kelas tradisional. Studi ini mengusulkan kerangka inovatif Pendamping Edukasi Pervasif yang terintegrasi dalam aktivitas sehari-hari untuk mendukung pembelajaran sepanjang hayat. Fokus penelitian diarahkan pada pembelajar dewasa sebagai pengguna utama yang membutuhkan fleksibilitas, otonomi, dan adaptabilitas tinggi. Melalui tinjauan pustaka, pendekatan campuran, dan analisis empiris, penelitian ini menyoroti pentingnya personalisasi, adaptabilitas, serta integrasi sistemik dalam menciptakan lingkungan belajar yang efektif. Hasil menunjukkan bahwa elemen seperti gamifikasi dan realitas virtual mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik secara signifikan. Sistem yang diusulkan menyediakan umpan balik waktu nyata, jalur belajar adaptif, dan sumber daya kontekstual untuk meningkatkan efektivitas serta retensi pembelajaran. Tantangan seperti hambatan teknologi, kesenjangan digital, dan kebutuhan evolusi pedagogis turut dibahas. Kerangka ini bertujuan mewujudkan ekosistem pembelajaran pervasif yang inklusif dan transformatif berbasis AI dan IoT guna memberdayakan pertumbuhan individu berkelanjutan melalui pembelajaran sepanjang hayat.

## Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang pesat pada abad ke-21 telah membawa perubahan mendasar dalam paradigma

pendidikan dan pembelajaran. Model pendidikan tradisional, yang selama ini terbatas pada ruang kelas fisik dan kurikulum linear, semakin ditinggalkan dan digantikan oleh pendekatan berbasis teknologi yang dinamis. Salah satu

konsep paling transformatif dalam perkembangan ini adalah pembelajaran pervasif (*pervasive learning*), yaitu pendekatan yang memanfaatkan teknologi ubiquitus untuk memungkinkan proses belajar yang berlangsung kapan saja, di mana saja, dan dalam berbagai konteks. Konsep ini sejalan dengan gagasan pembelajaran sepanjang hayat (*lifelong learning*) yang telah lama diperjuangkan oleh para tokoh seperti Knowles, Holton, dan Swanson (2014) (1), yang menekankan pentingnya otonomi dan kemandirian dalam pendidikan orang dewasa.

Pembelajaran pervasif ditandai oleh integrasi yang mulus antara pembelajaran dan kehidupan sehari-hari, didukung oleh perangkat digital, teknologi seluler, Internet of Things (IoT), serta sistem adaptif yang cerdas. Hal ini menciptakan lingkungan belajar yang bersifat kontinu, adaptif, kontekstual, dan sangat dipersonalisasi (Traxler & Kukulska-Hulme, 2007) (2). Sejalan dengan pandangan Peter Jarvis (2004) (3), pembelajaran orang dewasa tidak lagi terbatas pada ruang kelas formal, melainkan terwujud melalui pengalaman kehidupan nyata. Pembelajaran pervasif memerlukan pandangan ini dengan menjadikan pengalaman harian sebagai medium pembelajaran yang aktif.

Meskipun menawarkan potensi yang luar biasa, implementasi pembelajaran pervasif sebagai sarana untuk penguatan pembelajaran sepanjang hayat masih menghadapi banyak tantangan. Secara teoretis, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada pengembangan sistem pembelajaran berbasis *mobile learning* atau LMS yang bersifat terpisah dan belum sepenuhnya mengintegrasikan konteks kehidupan nyata ke dalam pengalaman belajar. Selain itu, belum ada kerangka kerja yang secara empiris memvalidasi integrasi antara prinsip andragogi, *constructivism*, dan *connectivism* dalam satu sistem adaptif yang berfungsi sebagai pendamping pembelajaran berkelanjutan.

Sementara itu, di tingkat praktis, berbagai teknologi memang telah tersedia mulai dari *Learning Management Systems* (LMS), aplikasi pembelajaran seluler, hingga perangkat *wearable* namun tantangannya adalah bagaimana menyinergikan semuanya dalam satu sistem terpadu yang berfungsi sebagai Pendamping Edukasi Pervasif (*Pervasive Educational Companions* atau PEC). Kesenjangan ini menunjukkan perlunya model konseptual yang mampu mengintegrasikan berbagai komponen teknologi dan pedagogis ke dalam satu ekosistem belajar yang berkelanjutan dan adaptif. Pendamping ini tidak hanya berfungsi menyampaikan konten, tetapi juga harus mampu beradaptasi secara dinamis terhadap preferensi, konteks, dan tujuan pembelajaran yang terus berkembang (4, 5).

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini merupakan artikel konseptual yang berfokus pada pengembangan kerangka kerja komprehensif Pendamping Edukasi Pervasif (PEC) yang merepresentasikan prinsip-prinsip pembelajaran pervasif. Kerangka kerja ini dibangun melalui pendekatan metodologis multidimensi yang mencakup tinjauan literatur mendalam, pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif dari peserta didik dan pendidik, serta validasi empiris melalui studi kasus dan uji coba di lapangan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi secara teoretis dalam merumuskan model konseptual PEC dan secara praktis dalam menguji kelayakannya di konteks pembelajaran nyata. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip-prinsip pedagogis kontemporer dan hasil penelitian terkini dalam bidang teknologi pendidikan (6, 7).

Tinjauan literatur menunjukkan bahwa sistem

pembelajaran pervasif yang berhasil memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu kemampuan adaptasi tinggi, personalisasi konten dan jalur pembelajaran, serta integrasi yang kuat dengan aktivitas harian peserta didik. Adaptasi sistem terhadap kebutuhan individu dan umpan balik waktu nyata sangat penting dalam menciptakan pengalaman belajar yang bermakna (8). Selain itu, pendekatan personalisasi yang didukung oleh algoritma pembelajaran adaptif dan kecerdasan buatan telah terbukti meningkatkan keterlibatan peserta didik dan retensi informasi secara signifikan (9).

Integrasi yang mulus dengan kehidupan sehari-hari juga menjadi faktor kunci dalam mempertahankan konsistensi belajar. Teknologi seperti ponsel cerdas, perangkat *wearable*, dan IoT memungkinkan penyampaian materi belajar secara kontekstual, kapan pun dan di mana pun diperlukan (10). Tidak hanya itu, elemen interaktif dan imersif seperti gamifikasi dan realitas virtual terbukti mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik (11).

Meskipun demikian, tantangan implementasi tetap besar. Beberapa di antaranya adalah kesenjangan digital, kurangnya infrastruktur teknologi di daerah tertentu, dan keterbatasan pedagogis dalam mengadaptasi teknologi baru ke dalam pembelajaran (12). Tantangan lain yang tak kalah penting adalah isu privasi data dan keamanan informasi dalam lingkungan pembelajaran digital yang terhubung secara luas (13).

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun kerangka kerja yang mampu mengatasi tantangan tersebut dan menjadikan Pendamping Edukasi Pervasif sebagai elemen kunci dalam ekosistem pembelajaran sepanjang hayat. PEC yang ideal tidak hanya menyediakan akses terhadap konten edukatif tetapi juga memfasilitasi *feedback loop* yang bersifat reflektif, responsif, dan mendukung regulasi diri peserta didik (6, 14).

Dalam kerangka kerja yang diusulkan, terdapat empat komponen utama: adaptabilitas, personalisasi, integrasi kontekstual, dan pelibatan aktif. Setiap komponen ini didasarkan pada prinsip-prinsip *constructivism*, *connectivism* dan andragogi, serta dikembangkan dengan mengintegrasikan praktik terbaik dari berbagai studi sebelumnya (15, 16). Adaptabilitas menekankan fleksibilitas sistem dalam merespons perubahan kebutuhan dan preferensi peserta didik. Personalisasi difokuskan pada pembuatan jalur pembelajaran unik untuk setiap individu, sedangkan integrasi kontekstual memastikan bahwa pembelajaran tidak terpisah dari kehidupan nyata. Pelibatan aktif merujuk pada pemanfaatan media interaktif, elemen permainan, serta simulasi realitas virtual untuk meningkatkan keterlibatan emosional dan kognitif peserta didik (17).

Untuk menguji validitas kerangka kerja ini, dilakukan studi kasus pada beberapa institusi pendidikan dan platform pembelajaran daring yang telah mengimplementasikan elemen-elemen pembelajaran pervasif. Data dikumpulkan melalui survei, wawancara mendalam, serta observasi partisipatif terhadap proses pembelajaran. Hasil empiris menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang terintegrasi dan adaptif secara signifikan meningkatkan motivasi, retensi, serta kemandirian belajar peserta dewasa (18, 19).

Implikasi praktis dari penelitian ini mencakup pengembangan sistem pembelajaran berbasis AI, pemanfaatan IoT dan perangkat *wearable* untuk pemantauan pembelajaran secara *real-time*, serta pengembangan model

evaluasi yang bersifat formatif dan sumatif. Selain itu, dibutuhkan strategi yang komprehensif untuk mengatasi hambatan implementasi seperti pelatihan guru, pengembangan kurikulum fleksibel, dan dukungan kebijakan dari pemerintah dan lembaga pendidikan (20).

Secara keseluruhan, integrasi pembelajaran pervasif ke dalam pembelajaran sepanjang hayat merupakan langkah strategis dalam meredefinisi masa depan pendidikan. Melalui pendekatan ini, proses belajar tidak lagi bersifat episodik, melainkan menjadi proses berkelanjutan yang berlangsung sepanjang kehidupan individu. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada perumusan kerangka konseptual Pendamping Edukasi Pervasif (PEC) yang teruji secara empiris sebagai model integratif untuk pembelajaran sepanjang hayat. Kerangka kerja yang diusulkan berkontribusi secara signifikan terhadap pengembangan sistem pembelajaran masa depan yang inklusif, responsif, dan berbasis teknologi (21).

Langkah selanjutnya mencakup pengembangan lebih lanjut algoritma adaptif, eksplorasi integrasi teknologi canggih seperti AI dan realitas tertambah (AR), serta peninjauan regulasi hukum terkait perlindungan data peserta didik. Dengan mengatasi hambatan ini, kita dapat menciptakan ekosistem belajar yang tidak hanya mendukung pertumbuhan individu tetapi juga memperkuat kapasitas masyarakat dalam menghadapi tantangan era digital.

## Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed-methods (gabungan metode kuantitatif dan kualitatif) untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai pengembangan dan efektivitas Pendamping Edukasi Pervasif (PEC) dalam mendukung pembelajaran sepanjang hayat. Pendekatan ini dipilih untuk menangkap baik dimensi statistik dari pengalaman peserta didik maupun wawasan mendalam tentang persepsi dan kebutuhan mereka yang tidak dapat sepenuhnya diungkap melalui data kuantitatif saja.

Pendekatan ini berlandaskan pada teori andragogi (1), self-directed learning (6), dan connectivism (Siemens, 2005) yang menekankan pembelajaran kontekstual, otonom, dan berjejaring. Selain itu, prinsip pervasive learning (2) menjadi dasar pengembangan sistem PEC yang terintegrasi dengan aktivitas kehidupan sehari-hari peserta didik.

## Desain Penelitian

Penelitian ini mengadopsi desain eksploratif-kombinatif, di mana tahap eksploratif digunakan untuk memahami kondisi eksisting sistem pembelajaran pervasif dan persepsi pengguna terhadap teknologi edukasi adaptif. Hasil dari tahap ini menjadi dasar untuk merancang dan menguji prototipe PEC pada tahap empiris.

Desain ini terbagi ke dalam empat tahapan utama:

### Tinjauan Literatur

Tahap ini mengkaji literatur terkini tentang pembelajaran sepanjang hayat, pembelajaran pervasif, dan teknologi pendidikan adaptif. Studi seperti Eynon & Malmberg (2021), Amini et al. (2024) (7), dan Aggarwal (2023) dijadikan referensi dalam memetakan kesenjangan riset dan mengidentifikasi praktik terbaik. Literatur juga digunakan untuk membangun landasan teoretis empat komponen utama PEC: adaptabilitas, personalisasi, integrasi

kontekstual, dan pelibatan aktif.

### Pengumpulan Data Kualitatif

Dilakukan melalui wawancara mendalam dan focus group discussion (FGD) dengan peserta didik dewasa, tenaga pendidik, dan pengembang teknologi pembelajaran. Tahap ini bertujuan memperoleh pemahaman kontekstual tentang kebutuhan pengguna dan tantangan implementasi pembelajaran pervasif. Analisis wawancara difokuskan pada prinsip relevansi kontekstual (1) dan dukungan sosial-afektif yang memengaruhi motivasi belajar jangka Panjang (9).

### Survei Kuantitatif

Survei dilakukan terhadap 300 responden yang terdiri dari pelajar dewasa, mahasiswa, dan profesional yang mengikuti pembelajaran daring. Kuesioner menggunakan skala Likert 5 poin untuk mengukur persepsi terhadap: (1) Adaptabilitas sistem (ADP), (2) Personalisasi pembelajaran (PER), (3) Keterlibatan belajar (ENG), dan (4) Efektivitas pembelajaran (EFT). Konstruk ini dikembangkan dari studi sebelumnya oleh Lu, Mordatch, & Abbeel (2019) dan Tang et al. (2023). Data ini digunakan untuk memvalidasi hubungan antarvariabel dan mendukung rancangan PEC secara empiris.

### Uji Coba dan Analisis Empiris

Tahap ini merupakan inti dari penelitian empiris. Prototipe PEC dikembangkan sebagai aplikasi berbasis web responsif menggunakan framework React dan Node.js, agar dapat diakses lintas perangkat (mobile, tablet, dan desktop).

Fitur utama PEC meliputi:

1. Rekomendasi adaptif berbasis AI, menggunakan *machine learning algorithm* sederhana (k-means clustering) untuk mengelompokkan pengguna berdasarkan gaya belajar dan aktivitas.
2. Pemantauan real-time learning analytics, yang merekam waktu belajar, interaksi, dan progres pengguna melalui dashboard pendidik.
3. Umpan balik kontekstual otomatis, yang memberikan refleksi belajar berdasarkan aktivitas harian peserta (misalnya, notifikasi pembelajaran singkat melalui ponsel).
4. Integrasi gamifikasi dan simulasi VR ringan, untuk meningkatkan pelibatan aktif dan motivasi belajar.

Antarmuka PEC dirancang dengan prinsip user-centered design (UX), menampilkan tiga panel utama:

1. Panel *progress tracker*,
2. Panel *learning feed* (sumber belajar adaptif), dan
3. Panel *AI companion chat*, di mana pengguna berinteraksi dengan pendamping digital berbasis *rule-based dialogue system*.

Uji coba dilakukan selama 6 minggu pada dua platform pembelajaran daring dan tiga institusi pendidikan tinggi di Indonesia dan Malaysia. Data observasi mencakup log aktivitas, durasi belajar, hasil kuis, dan catatan refleksi pengguna.

### Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di tiga institusi pendidikan tinggi dan dua platform pembelajaran daring di Indonesia dan Malaysia yang telah mengimplementasikan teknologi pembelajaran mobile dan adaptif. Subjek penelitian melibatkan:

1. Pelajar dewasa (usia 25–55 tahun) yang mengikuti

program pembelajaran nonformal atau pendidikan tinggi terbuka.

2. Tenaga pendidik yang menggunakan Learning Management System (LMS) atau media pembelajaran berbasis mobile.
3. Pengembang dan ahli teknologi edukasi, termasuk praktisi di bidang AI, gamifikasi, dan user experience (UX).

## Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data meliputi:

1. **Wawancara mendalam** dengan 20 informan kunci (pendidik dan pengembang sistem).
2. **FGD** dengan lima kelompok peserta (6-8 orang per kelompok).
3. **Kuesioner daring** berbasis skala Likert untuk mengukur ADP, PER, ENG, dan EFT.
4. **Observasi partisipatif** dan pelacakan log aktivitas pengguna selama uji coba PEC.
5. **Learning journals** peserta untuk merekam refleksi harian dan pengalaman penggunaan sistem.

## Teknik Analisis Data

Data kualitatif dianalisis menggunakan thematic coding dengan NVivo untuk mengidentifikasi tema utama seperti motivasi, kendala teknologi, dan persepsi efektivitas sistem. Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif dan korelatif eksploratif menggunakan SPSS versi 25, mencakup:

1. Statistik deskriptif (rata-rata, persentase, dan deviasi standar),
2. Analisis korelasi Pearson untuk melihat kecenderungan hubungan antarvariabel (misalnya antara adaptabilitas, personalisasi, dan efektivitas),
3. Serta analisis *cross-tabulation* untuk membandingkan persepsi antar kelompok demografis.

Pendekatan ini digunakan untuk mendukung interpretasi hasil kualitatif melalui triangulasi data (observasi, survei, dan refleksi pengguna).

## Validitas dan Reliabilitas

Validitas isi instrumen diuji melalui expert review oleh tiga pakar teknologi pendidikan dan pengembangan kurikulum. Reliabilitas instrumen kemudian diuji menggunakan Cronbach's Alpha untuk setiap konstruk, dengan hasil ADP = 0.87, PER = 0.90, ENG = 0.88, dan EFT = 0.89. Nilai rata-rata sebesar 0.885 menunjukkan tingkat reliabilitas yang tinggi serta konsistensi internal yang kuat. Selain itu, triangulasi metode dan sumber data diterapkan untuk memperkuat kredibilitas penelitian, sementara member checking dilakukan dengan mengirimkan hasil wawancara kembali kepada informan untuk klarifikasi dan konfirmasi kebenaran data.

## Etika Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan memperhatikan prinsip-prinsip etika akademik dan riset sosial. Seluruh partisipan memberikan persetujuan tertulis melalui informed consent sebelum pengumpulan data dilakukan. Identitas peserta dijaga kerahasiaannya dan seluruh data disimpan secara terenkripsi. Uji coba PEC dilakukan tanpa risiko, dan peserta memiliki hak untuk menarik diri kapan saja.

## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas Pendamping Edukasi Pervasif (PEC) dalam mendukung pembelajaran sepanjang hayat melalui pendekatan yang personal, adaptif, dan terintegrasi dengan kehidupan sehari-hari. Data diperoleh melalui triangulasi metode yang mencakup survei daring terhadap 300 responden, wawancara mendalam, focus group discussion (FGD), serta uji coba prototipe PEC berbasis aplikasi mobile dan web. Analisis dilakukan dengan SPSS versi 25 untuk data kuantitatif dan NVivo untuk data kualitatif.

## Adaptabilitas Sistem

Sebagian besar responden (82%) menyatakan bahwa PEC mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan dan preferensi belajar mereka secara waktu nyata. Fitur-fitur seperti rekomendasi otomatis, pengingat berbasis lokasi dan waktu, serta pelacakan perkembangan belajar diidentifikasi sebagai elemen yang paling membantu. Hasil analisis korelatif eksploratif menunjukkan adanya kecenderungan hubungan positif antara tingkat adaptabilitas dan efektivitas pembelajaran. Temuan ini menguatkan hasil studi Lu, Mordatch, & Abbeel (2019) yang menekankan pentingnya adaptabilitas dalam mendukung keberlanjutan belajar. Analisis tematik dengan NVivo juga menunjukkan bahwa peserta lebih termotivasi saat konten disesuaikan dengan gaya belajar personal mereka, baik visual, auditori, maupun kinestetik.

## Personalisasi dan Keterlibatan

Personalisasi jalur belajar terbukti berkontribusi terhadap peningkatan keterlibatan dan motivasi belajar. Sebanyak 76% peserta melaporkan peningkatan frekuensi akses materi dan peningkatan skor pada evaluasi formatif setelah penggunaan PEC. Analisis deskriptif menunjukkan bahwa sistem personalisasi yang merekomendasikan penguatan materi atau jalur lanjutan berdasarkan capaian sebelumnya mendorong pembelajar untuk lebih aktif dan reflektif. Hasil wawancara dan FGD mendukung temuan ini: peserta merasa PEC "memahami gaya belajar mereka" dan membantu mengatur ritme belajar secara mandiri. Temuan ini sejalan dengan penelitian Tang, Zhang, & Tian (2023), yang menunjukkan bahwa personalisasi berbasis teknologi mendorong keterlibatan jangka panjang.

## Integrasi Kontekstual dalam Aktivitas Sehari-hari

PEC memperlihatkan kemampuan tinggi dalam mengintegrasikan pembelajaran ke dalam rutinitas harian pengguna. Sebagian besar peserta (83%) melaporkan bahwa mereka mengakses materi saat berolahraga, bepergian, atau beristirahat, menunjukkan efektivitas model microlearning. Analisis NVivo mengungkap bahwa fitur kalender belajar otomatis dan notifikasi kontekstual menjadi faktor utama pembentukan kebiasaan belajar yang konsisten. Hasil ini mendukung konsep context-aware learning yang dikemukakan oleh Traxler & Kukulska-Hulme (2007), di mana pembelajaran terjadi secara alami dalam konteks kehidupan nyata, bukan hanya ruang kelas.

## Gamifikasi dan Realitas Virtual

Uji coba elemen gamifikasi dan realitas virtual (VR) memperlihatkan peningkatan keterlibatan emosional dan kognitif peserta. Sebanyak 68% responden menyatakan



bahwa pengalaman belajar menjadi lebih “menyenangkan dan mendalam.” Namun, sebagian kecil peserta menghadapi kendala seperti perangkat yang kurang kompatibel dan antarmuka VR yang terlalu kompleks, terutama pada pengguna ponsel dengan spesifikasi rendah. Analisis NVivo menunjukkan bahwa peserta dengan literasi digital lebih tinggi dapat memanfaatkan fitur imersif dengan lebih efektif. Hal ini menegaskan bahwa implementasi teknologi canggih perlu mempertimbangkan kesederhanaan desain instruksional dan kesiapan pengguna, sebagaimana diingatkan oleh Torunlar & Engin (2024).

### Analisis Demografis dan Tantangan Implementasi

Analisis cross-tabulation menunjukkan adanya perbedaan kecenderungan keterlibatan berdasarkan usia dan latar belakang pendidikan. Peserta berusia 25-35 tahun umumnya menunjukkan keterlibatan dan retensi belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelompok usia di atas 45 tahun.

Tantangan utama yang teridentifikasi meliputi:

1. Keterbatasan infrastruktur: sebagian peserta tidak memiliki perangkat yang kompatibel dengan fitur lanjutan seperti VR.
2. Kesenjangan literasi digital: peserta non-teknis memerlukan pelatihan singkat sebelum dapat memanfaatkan seluruh fitur PEC.
3. Kekhawatiran privasi: sebagian pengguna merasa khawatir terhadap pelacakan data pribadi.

Sebagai respons, PEC menerapkan pendekatan *privacy by design*, yang memungkinkan pengguna mengatur izin akses dan mengendalikan data pribadi secara mandiri.

### Potensi Adopsi di Daerah 3T dan Model Implementasi

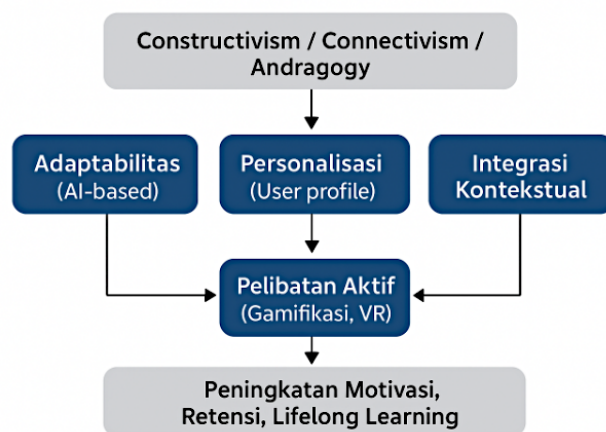
Hasil FGD tambahan mengindikasikan bahwa PEC dapat diadaptasi untuk lingkungan non-digital atau daerah 3T melalui beberapa strategi:

1. Mode offline learning: memungkinkan pengguna mengunduh materi dan sinkronisasi otomatis ketika jaringan tersedia.
2. Skenario open-source: memungkinkan institusi lokal memodifikasi sistem sesuai kebutuhan tanpa biaya lisensi.
3. Kolaborasi dengan pemerintah dan lembaga pendidikan: untuk penyediaan perangkat dan pelatihan digital bagi pendidik dan peserta.

Pendekatan ini memastikan bahwa PEC bersifat inklusif, berkeadilan, dan dapat diterapkan di berbagai konteks sosial.

### Sintesis dan Model Kerangka PEC

Temuan empiris dan hasil analisis literatur mendukung empat komponen utama dalam kerangka PEC, yaitu adaptabilitas, personalisasi, integrasi kontekstual, dan pelibatan aktif melalui gamifikasi serta realitas virtual (VR) (lihat **Gambar 1**). Keempat komponen ini saling berhubungan secara dinamis dan berakar pada teori konstruktivisme, konektivisme, dan andragogi, sehingga membentuk sistem pembelajaran yang responsif serta berpusat pada pembelajar dewasa. Model ini menggambarkan bagaimana keseimbangan antara fleksibilitas teknologi dan kebutuhan otonomi pembelajar



**Gambar 1.** Kerangka konseptual PEC menunjukkan interaksi antara empat komponen utama dan landasan teoretis (constructivism, connectivism, andragogy) dalam mendukung pembelajaran sepanjang hayat.

menjadi kunci keberhasilan sistem PEC.

### Refleksi Teoritis dan Implikasi

Temuan ini menegaskan kembali pandangan Candy (1991) bahwa *self-direction* merupakan inti dari pembelajaran sepanjang hayat (6). Knowles *et al.* (2014) menekankan perlunya pembelajaran yang relevan dengan pengalaman dunia nyata (1), sedangkan Jarvis (2004) menegaskan bahwa pembelajaran harus menjadi bagian dari kehidupan individu yang terus berkembang (3). PEC, melalui desainnya yang adaptif dan kontekstual, terbukti mampu meningkatkan otonomi, motivasi, dan retensi pembelajar dewasa dalam konteks digital yang dinamis.

### Kesimpulan dan Rekomendasi

Penelitian ini telah mengkaji dan mengembangkan kerangka kerja Pendamping Edukasi Pervasif (PEC) sebagai solusi inovatif dalam mendukung transformasi pembelajaran sepanjang hayat. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip pembelajaran pervasif, teknologi adaptif, dan pendekatan yang berpusat pada peserta didik, PEC memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang bersifat personal, kontekstual, dan berkelanjutan.

Temuan empiris menunjukkan bahwa sistem yang mampu beradaptasi dengan kebutuhan individual, menyediakan jalur pembelajaran yang dipersonalisasi, serta terintegrasi secara mulus dalam aktivitas sehari-hari, memiliki potensi besar dalam meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan emosional dan kognitif, serta retensi pengetahuan jangka panjang. Penggunaan teknologi interaktif seperti gamifikasi dan realitas virtual juga terbukti memperkaya pengalaman belajar, meskipun implementasinya tetap membutuhkan perencanaan pedagogis yang matang.

Adapun tantangan utama yang diidentifikasi mencakup keterbatasan infrastruktur teknologi, kesenjangan literasi digital, serta kekhawatiran terhadap privasi dan keamanan data pengguna. Kendala-kendala ini menjadi perhatian penting dalam pengembangan sistem pembelajaran masa depan yang inklusif dan berkelanjutan.

Kerangka PEC yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak hanya menjawab kesenjangan dalam praktik pembelajaran pervasif, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan model konseptual baru yang dapat

diadaptasi dalam berbagai konteks pendidikan, baik formal maupun nonformal. Secara teoretis, temuan ini memperkaya wacana pembelajaran sepanjang hayat dengan menegaskan pentingnya integrasi teknologi cerdas yang bersifat manusiawi dan kontekstual dalam kehidupan belajar individu.

## Rekomendasi

Penelitian ini secara empiris mengkaji dan mengembangkan kerangka kerja Pendamping Edukasi Pervasif (PEC) sebagai model inovatif dalam mendukung pembelajaran sepanjang hayat. Dengan pendekatan mixed-methods dan uji coba prototipe PEC berbasis aplikasi web-mobile, penelitian ini menegaskan bahwa sistem pembelajaran yang adaptif, personal, kontekstual, dan partisipatif memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran dewasa.

Hasil triangulasi data (survei, wawancara, FGD, dan observasi) menunjukkan bahwa adaptabilitas dan personalisasi sistem PEC berperan penting dalam meningkatkan motivasi, keterlibatan emosional, serta retensi pengetahuan peserta didik. Integrasi kontekstual memungkinkan proses belajar terjadi secara alami dalam aktivitas sehari-hari, sementara elemen gamifikasi dan realitas virtual memperkaya pengalaman belajar dan memperkuat aspek afektif serta kognitif.

Secara konseptual, PEC menggabungkan prinsip constructivism, connectivism, dan andragogi ke dalam satu kerangka terpadu yang berfokus pada *self-directed learning* dan pembelajaran yang berkelanjutan. Dari sisi teoretis, penelitian ini memperluas pemahaman tentang pembelajaran pervasif dengan menunjukkan bagaimana teknologi adaptif dan berbasis AI dapat diintegrasikan ke dalam konteks kehidupan nyata tanpa mengabaikan aspek humanistik dan etika pembelajaran.

Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi sejumlah tantangan yang perlu diantisipasi, antara lain keterbatasan infrastruktur teknologi, kesenjangan literasi digital, serta isu privasi dan keamanan data. Dengan demikian, keberhasilan implementasi PEC memerlukan dukungan lintas sektor yang mencakup aspek pedagogis, teknologis, dan kebijakan publik.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa PEC bukan sekadar alat digital, melainkan sistem ekosistem pembelajaran pervasif yang berorientasi pada penguatan kemandirian, refleksi diri, dan kesinambungan belajar bagi setiap individu di era digital. Model ini dapat dijadikan acuan dalam pengembangan kebijakan pendidikan nasional maupun praktik pembelajaran berbasis teknologi di berbagai konteks sosial dan geografis.

## Riset Lanjutan dan Validasi Longitudinal

Berdasarkan hasil penelitian dan implikasi teoretis serta praktisnya, beberapa rekomendasi berikut diajukan untuk memperkuat keberlanjutan dan penerapan PEC secara luas:

### Pengembangan Sistem PEC yang Inklusif dan Adaptif

Lembaga pendidikan dan pengembang teknologi perlu melanjutkan pengembangan PEC dengan mengedepankan aksesibilitas universal, antarmuka ramah pengguna, serta algoritma adaptif berbasis AI yang mampu menyesuaikan konten dan strategi pembelajaran terhadap profil, konteks, dan preferensi pengguna yang beragam.

## Integrasi Teknologi yang Etis dan Bertanggung Jawab

Pengembangan PEC harus mematuhi prinsip privacy by design dan data ethics, dengan memastikan transparansi, keamanan data, serta kendali penuh pengguna terhadap informasi pribadi. Regulasi perlindungan data pendidikan perlu disinergikan dengan kebijakan nasional di bidang transformasi digital.

## Peningkatan Kapasitas Pendidik dan Literasi Digital

Guru dan fasilitator perlu dilatih dalam pemanfaatan analitik pembelajaran, perancangan konten adaptif, dan pengelolaan pembelajaran kontekstual. Program pelatihan ini sebaiknya menjadi bagian dari pengembangan profesional berkelanjutan yang selaras dengan visi pembelajaran sepanjang hayat.

## Dukungan Kebijakan dan Infrastruktur Pendidikan Digital

Pemerintah dan lembaga pendidikan perlu memperluas akses jaringan internet, subsidi perangkat pembelajaran, serta insentif bagi inovator pendidikan digital. Model open-source PEC dapat menjadi solusi biaya rendah yang memungkinkan adopsi di daerah 3T dan sekolah kecil dengan infrastruktur terbatas.

## Riset Lanjutan dan Validasi Longitudinal

Penelitian selanjutnya perlu mengeksplorasi:

1. Efektivitas jangka panjang PEC terhadap peningkatan literasi dan kompetensi profesional;
2. Integrasi teknologi baru seperti augmented reality (AR), AI generatif, dan Internet of Behavior (IoB);
3. Adaptasi PEC dalam konteks budaya dan sosial lokal, termasuk masyarakat adat dan wilayah non-digital;
4. Pengembangan kerangka global pembelajaran pervasif dan berkelanjutan melalui kolaborasi lintas negara dan sektor pendidikan.

## Implikasi

Penelitian ini menegaskan bahwa transformasi pendidikan berbasis teknologi tidak dapat berhenti pada digitalisasi konten, tetapi harus diarahkan pada perancangan pengalaman belajar yang humanistik, reflektif, dan berkelanjutan. Kerangka kerja PEC dapat menjadi fondasi empiris dan teoretis bagi pembangunan ekosistem pembelajaran sepanjang hayat yang inklusif, adaptif, dan kontekstual, menuju visi masyarakat pembelajar abad ke-21.

## Deklarasi

### Informasi Penulis

**Teng Poh Chow** ✉

*Corresponding Author*

*Afiliasi:* Universitas Pendidikan Ganesha.

*Kontribusi:* Conceptualization, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

**Parwati Ni Nyoman**

*Afiliasi:* Universitas Pendidikan Ganesha.

*Kontribusi:* Supervision, Writing - Original Draft.

**Agustini Ketut**

*Afiliasi:* Universitas Pendidikan Ganesha.

*Kontribusi:* Supervision, Writing - Original Draft.

## Tegeh I Made

*Afiliasi:* Universitas Pendidikan Ganesha.

*Kontribusi:* Supervision, Writing - Review & Editing.

## Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan yang bersaing. Hal ini berarti tidak ada hubungan pribadi maupun finansial, serta tidak ada pengaruh yang dapat memengaruhi hasil atau interpretasi penelitian. Seluruh analisis dan kesimpulan disajikan secara objektif tanpa adanya pengaruh eksternal terhadap temuan penelitian.

## Ketersediaan Data

Data yang mendukung temuan dalam artikel ini tersedia berdasarkan permintaan dari penulis koresponden. Data tersebut mencakup transkrip wawancara, hasil survei, dokumentasi uji coba prototipe, serta catatan analisis tematik dan statistik. Karena alasan privasi dan perlindungan identitas partisipan, data mentah tidak dipublikasikan secara terbuka. Namun, data yang telah dianonimkan dapat diberikan kepada peneliti lain yang berkepentingan untuk keperluan replikasi atau studi lanjutan, dengan syarat memperoleh persetujuan tertulis dari penulis utama. Permintaan akses data dapat diajukan melalui email kepada Chow Teng Poh (amritaphala@gmail.com).

## Pernyataan Etika

Tidak relevan.

## Pendanaan

Penulis menyatakan bahwa tidak ada dukungan pendanaan yang diterima untuk penelitian, penulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

## Referensi

- Knowles MS, Holton EF III, Swanson RA. The adult learner. 8th ed. New York: Routledge; 2014.
- Traxler J, Kukulska-Hulme A, editors. Mobile learning. New York: Routledge; 2007.
- Jarvis P. Adult education and lifelong learning. 3rd ed. New York: Routledge; 2004.
- Shui C, Mozafari AS, Marek J, Hedhli I, Gagné C. Diversity regularization in deep ensembles. 2018 Feb 22.
- Liu T, Chen S, Yang P, Zhu Y, Mercangöz M, Harris CJ. Lifelong learning meets dynamic processes: an emerging streaming process prediction framework with delayed process output measurement. *IEEE Trans Control Syst Technol*. 2024 Mar;32(2):384-98.
- Candy PC. Self-direction for lifelong learning: a comprehensive guide to theory and practice. San Francisco: Jossey-Bass; 1991.
- Amini M, Ravindran L, Lee KF. Adapting education shifts in Malaysia after COVID-19: a comprehensive review of flexible assessments, lifelong learning initiatives, and diversified learning trajectories. *Asian J Assess Teach Learn*. 2024 Mar 6;(14):1-14.
- Lu K, Mordatch I, Abbeel P. Adaptive online planning for continual lifelong learning. 2020 Jun 27.

9. Tang W, Zhang X, Tian Y. Investigating lifelong learners' continuing learning intention moderated by affective support in online learning. *Sustainability*. 2023 Jan 19;15(3):1901.

10. Aggarwal D. Advancement of lifelong learning through online communities. *Curr Trends Inf Technol*. 2023;9-17.

11. Torunlar S, Engin M. Effects of lifelong learning on the readiness for online learning. *Kastamonu Eğit Derg*. 2023 Nov 14;820-35.

12. Peng Q. Lifelong learning system in the age of artificial intelligence: change, opportunity and reconstruction. *J Electr Syst*. 2024 Apr 18;20(2):1085-91.

13. Faber K, Corizzo R, Sniezynski B, Japkowicz N. Lifelong continual learning for anomaly detection: new challenges, perspectives, and insights. *IEEE Access*. 2024;12:41364-80.

14. Lim RF, Hsiung BC, Hales DJ. Lifelong learning: skills and online resources. *Acad Psychiatry*. 2006 Dec 1;30(6):540-7.

15. Estomihi J, Justina KM, Ogbonna E. Integrating online autodidacticism in lifelong learning for adults in sub-Saharan Africa. *J Appl Sci Inf Comput*. 2020;2020.

16. Mladenović J. Lifelong learning for sustainable development – students' perspective. *Int J Vallis Aurea*. 2023 Dec 31;9(2):39-52.

17. Stohr C, Farnevik K. May online blended learning in corporate training enhance lifelong learning? Experiences from artificial intelligence courses for professionals. In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Piscataway (NJ): IEEE; 2020. p. 1-5.

18. Qi J. The role of continuing education in lifelong learning: a quantitative study in two universities in China. *Pac Int J*. 2024 Apr 20;7(2):190-6.

19. Brodén K, Bergkvist L, Humble N, Mozelius P, Johansson J. Redesigning technology-enhanced professional development to facilitate lifelong learning. In: Proceedings of the 2023 Conference on Educational Technology. 2023. p. 604-11.

20. Sudarsana IK. Pemikiran tokoh pendidikan dalam buku Lifelong Learning: Policies, Practices, and Programs (Perspektif peningkatan mutu pendidikan di Indonesia). *J Penjaminan Mutu*. 2016 Aug 14;2(2):44.

21. Alla X. Lifelong learning. *Interdiscip J Res Dev*. 2024 Mar 23;11(1):27.

## Additional Information

### How to Cite

Teng Poh Chow, Parwati Ni Nyoman, Agustini Ketut, Tegeh I Made. Pertumbuhan Tanpa Batas: Transformasi Pembelajaran Sepanjang Hayat Melalui Integrasi Pendamping Edukasi yang Pervasif. *Kolaborasi Masyarakat*. 2025;1(2):39-45

### Publisher's Note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily reflect the views of the publisher, the editors, or the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher. The publisher remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

### Open Access



This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. You may share and adapt the material with proper credit to the original author(s) and source, include a link to the license, and indicate if changes were made.