Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)
Volume 6, Number 11, November 2026, pp. 3303-3318
e-ISSN 2774-5155
https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v6i11.33027

Kualitas Lingkungan Fisik dan Perilaku Anak pada PAUD Beriklim Tropis Lembap: Kajian Naratif

Mariska Pratimi*, Geby Fatona, Rizqiyah Safitri Juwito
Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Indonesia
Email: mariskapratimi@umb.ac.id*, evandry@umb.ac.id, anggiyudha@umb.ac.id

Keywords:
Sensory Load; Early Childhood Education; Converted Buildings; Children's Behaviour; Hot-Humid Climate

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Publikasiku Publisher

Abstract

Some early childhood education (ECE) centres in Indonesia occupy converted residential buildings that were not designed as learning spaces. In hot-humid climates, such spaces face a dilemma between natural ventilation for cooling and exposure to outdoor noise. This article synthesises studies on the relationship between the physical indoor environment and young children's behaviour, focusing on the hot-humid tropical context and converted buildings. A narrative review of 42 purposively selected sources from Google Scholar, Garuda, DOAJ, and publisher websites was conducted. The review shows that acoustics, thermal conditions, air quality, and lighting are associated with children's cognitive performance, well-being, and learning progress, with the most consistent evidence for noise. However, most of this evidence comes from primary schools in temperate climates. Previous studies are divided between physical assessments that do not observe children's behaviour and behavioural studies that do not consider converted buildings, while the transitional space between the building and the street has received little attention. This article proposes a "from classroom to street" conceptual framework linking sensory load in indoor spaces with children's behaviour in transitional spaces, together with a research agenda for safe and comfortable ECE spaces in the tropics.

Kata Kunci:
Beban Sensorik; PAUD; Bangunan Alih Fungsi; Perilaku Anak; Iklim Tropis Lembap

Abstrak

Sebagian satuan pendidikan anak usia dini (PAUD) di Indonesia menempati bangunan alih fungsi rumah tinggal yang tidak dirancang sebagai ruang belajar. Pada iklim tropis lembap, ruang semacam ini menghadapi dilema antara ventilasi alami untuk pendinginan dan paparan kebisingan dari luar. Artikel ini menyintesis kajian tentang hubungan lingkungan fisik ruang dan perilaku anak usia dini, dengan fokus pada konteks iklim tropis lembap dan bangunan alih fungsi. Kajian menggunakan metode kajian pustaka naratif terhadap 42 sumber yang dipilih secara purposif melalui Google Scholar, Garuda, DOAJ, dan situs penerbit. Hasil kajian menunjukkan bahwa akustik, termal, kualitas udara, dan pencahayaan berkaitan dengan kinerja kognitif, kesejahteraan, dan kemajuan belajar anak, dengan bukti paling konsisten pada aspek kebisingan. Namun, bukti tersebut sebagian besar berasal dari sekolah dasar di iklim sedang. Kajian terdahulu terbagi menjadi kajian fisik ruang yang tidak mengamati perilaku anak dan kajian perilaku anak yang tidak mempertimbangkan konteks bangunan alih fungsi, sementara ruang transisi antara bangunan dan jalan belum banyak dikaji. Artikel ini mengajukan kerangka konseptual "dari kelas hingga jalan" yang

menghubungkan beban sensorik di ruang dalam dengan perilaku anak di ruang transisi, beserta agenda penelitian bagi pengembangan ruang PAUD yang aman dan nyaman di iklim tropis.

PENDAHULUAN

Masa usia dini merupakan periode kritis bagi perkembangan fungsi eksekutif, yang mencakup pengendalian atensi, inhibisi impuls, dan regulasi diri (Diamond, 2013). Karena sebagian besar kegiatan belajar anak berlangsung di dalam ruang, kualitas lingkungan fisik ruang belajar pada satuan pendidikan anak usia dini (PAUD) menjadi faktor yang tidak dapat diabaikan. Kajian berskala besar menunjukkan bahwa pencahayaan, suhu, dan kualitas udara ruang kelas berkontribusi terhadap kemajuan belajar (Barrett et al., 2015). Kebisingan menurunkan kinerja kognitif anak (Shield & Dockrell, 2003), dengan dampak yang lebih besar dibandingkan pada orang dewasa (Klatte et al., 2013), termasuk pada memori kerja verbal (Gheller et al., 2023).

Respons anak terhadap stimulus lingkungan tidak seragam. Setiap anak memiliki ambang sensorik yang berbeda: sebagian cenderung menghindari stimulus, sementara sebagian lain justru mencarinya (Dunn, 2001). Ruang yang bising, panas, dan pengap menuntut upaya lebih besar untuk mempertahankan fokus dan berpotensi mempercepat kelelahan atensi (Kaplan, 1995), sedangkan akustik yang buruk berkaitan dengan menurunnya kesejahteraan anak (Astolfi et al., 2019). Respons tersebut dapat diamati melalui perilaku, antara lain keterlibatan anak dalam kegiatan dan cara anak memanfaatkan ruang. Sejumlah kajian menunjukkan bahwa karakteristik spasial, afordansi ruang, dan ukuran kelas memengaruhi pemanfaatan ruang, tindakan, dan fungsi eksekutif anak (Cha, 2023; Deng et al., 2025; van Liempd et al., 2020). Metode pemetaan perilaku telah lama digunakan dalam kajian lingkungan dan perilaku untuk merekam hubungan antara ruang dan penggunanya (Sommer & Sommer, 2002; Zeisel, 2006).

Meskipun demikian, bukti empiris tentang lingkungan fisik ruang belajar sebagian besar berasal dari sekolah dasar (SD) di wilayah beriklim sedang. Kajian kualitas udara di taman kanak-kanak (TK) masih terbatas (Lee et al., 2023), pengukuran akustik ruang PAUD baru mulai berkembang (Martikainen et al., 2023; Winroth et al., 2023), dan tinjauan sistematis belum menemukan intervensi berbasis sekolah untuk menekan bising lalu lintas (Fernandes et al., 2023).

Keterbatasan tersebut menjadi lebih nyata di wilayah beriklim tropis lembap. Ruang belajar di wilayah ini umumnya mengandalkan ventilasi alami melalui bukaan jendela untuk pendinginan, padahal bunyi lalu lintas dan aktivitas manusia yang masuk melalui jendela terbuka dapat berdampak negatif terhadap kinerja siswa (Pellegatti et al., 2023). Konflik antara kebutuhan ventilasi dan masuknya bising luar melalui bukaan menjadi salah satu penghambat penerapan ventilasi alami (Torresin et al., 2019). Di Malaysia, jendela kelas dilaporkan kerap ditutup untuk menghindari gangguan bising dari luar, padahal ventilasi menentukan tercapainya kenyamanan termal (Faraj et al., 2023), sementara pengukuran di taman kanak-kanak dan prasekolah menunjukkan suhu dan kelembapan yang melampaui batas kenyamanan (Abdullah et al., 2019; Damanhuri et al., 2025). Di Indonesia, tingkat kebisingan di ruang kelas dilaporkan melampaui standar nasional (Indrawati et al., 2017; Shelviana et al., 2023), dan sisi kelas yang menghadap jalan utama menjadi sumber bising dominan (Fitriani & Muhsin, 2025).

Dilema antara kenyamanan termal dan kenyamanan akustik ini belum banyak dikaji pada ruang PAUD.

Persoalan semakin kompleks ketika satuan PAUD menempati bangunan alih fungsi rumah tinggal yang sejak awal tidak dirancang sebagai ruang belajar. Kajian terhadap 240 taman kanak-kanak di bangunan alih fungsi di Malaysia menemukan bahwa kebisingan merupakan faktor kualitas lingkungan yang paling tidak memuaskan, antara lain karena letaknya yang dekat dengan jalan utama, tetapi kajian tersebut hanya menilai persepsi penghuni (Salleh et al., 2015). Kajian di Indonesia umumnya menilai pemenuhan standar dan kondisi fisik bangunan tanpa mengaitkannya dengan perilaku anak (Anggraini & Batubara, 2021; Habibah & Sari, 2024; Shelviana et al., 2023). Praktik alih fungsi rumah tinggal menjadi PAUD dapat dijumpai di berbagai daerah, tetapi data tentang tipologi bangunan asal satuan PAUD belum tersedia secara sistematis, sehingga skala persoalan ini belum terpetakan.

Upaya menerjemahkan data sensorik dan perilaku menjadi kriteria desain telah dilakukan, antara lain melalui indeks desain sensorik untuk sekolah (Mostafa, 2014) dan kajian neuroarsitektur tentang pengaruh desain ruang belajar terhadap atensi dan memori (Llorens-Gámez et al., 2022). Akan tetapi, kajian-kajian tersebut tidak membahas konteks bangunan alih fungsi maupun iklim tropis lembap. Perhatian kajian juga umumnya terbatas pada ruang kelas. Di sekolah dasar, perilaku pengantaran yang berbahaya ditemukan berkaitan dengan tabrakan antara kendaraan dan pejalan kaki anak (Macpherson et al., 2016), sementara zona antar jemput khusus belum tersedia di banyak sekolah (Sharifah Allyana et al., 2020). Kajian ruang publik memandang zona peralihan antara bangunan dan jalan sebagai tempat berlangsungnya banyak aktivitas (Gehl, 2011). Sepanjang penelusuran penulis, ruang transisi semacam ini, tempat anak berpindah dari pengawasan orang tua ke pengawasan guru, belum dikaji pada PAUD di bangunan alih fungsi.

Berdasarkan uraian tersebut, artikel ini bertujuan menyintesis kajian tentang hubungan lingkungan fisik ruang dan perilaku anak usia dini, dengan fokus pada konteks iklim tropis lembap dan bangunan alih fungsi rumah tinggal. Kajian ini dipandu oleh tiga pertanyaan: (1) apa yang telah diketahui tentang hubungan akustik, termal, kualitas udara, dan pencahayaan ruang dengan atensi dan perilaku anak usia dini; (2) bagaimana kajian terdahulu mengukur hubungan antara lingkungan fisik dan perilaku anak; dan (3) celah penelitian apa yang muncul untuk konteks iklim tropis lembap dan bangunan alih fungsi. Kontribusi artikel ini adalah peta celah penelitian, kerangka konseptual yang menghubungkan ruang dalam dan ruang transisi, serta agenda penelitian bagi pengembangan ruang PAUD yang aman dan nyaman.

METODE PENELITIAN

Artikel ini menggunakan pendekatan kajian pustaka naratif dengan pemilihan sumber secara purposif. Rancangan ini sesuai untuk menyintesis bukti dari fisika bangunan, psikologi perkembangan, serta kajian lingkungan dan perilaku yang menggunakan desain dan ukuran luaran beragam, sehingga tidak dipaksakan menjadi metaanalisis. Unit data adalah publikasi dan dokumen terkait lingkungan fisik ruang belajar, perilaku anak, konteks PAUD, serta bangunan alih fungsi di iklim tropis lembap. Penelusuran dilaporkan berlangsung pada Juli–Oktober 2026 melalui Google Scholar, Garuda, DOAJ, laman penerbit, dan repositori institusi. Istilah pencarian dipadukan dari tiga kelompok: konteks (*preschool, kindergarten, early*

childhood education, PAUD, taman kanak-kanak); lingkungan fisik (*classroom acoustics, noise, thermal comfort, indoor air quality, CO_2, ventilation, lighting, converted building, refurbished*); dan perilaku (*behaviour, attention, engagement, executive function, behaviour mapping, drop-off*). Tidak ada responden anak yang direkrut atau intervensi lapangan yang dilakukan dalam kajian ini.

Kriteria pemilihan mencakup publikasi yang meneliti anak usia dini atau sekolah dasar, atau bangunan lain yang relevan dengan ventilasi alami dan konteks tropis; membahas sedikitnya satu parameter lingkungan fisik dan/atau perilaku; diterbitkan pada 2013–2026 dalam bahasa Indonesia atau Inggris; dan berupa artikel ilmiah, prosiding, buku, regulasi, standar, atau pedoman. Karya yang lebih lama dipertahankan bila menjadi landasan teori atau metode, termasuk pemrosesan sensorik (Dunn, 2001) dan pemulihan atensi (Kaplan, 1995). Sumber dipilih berdasarkan relevansi terhadap tiga pertanyaan kajian, kemudian dilengkapi penelusuran daftar rujukan (*snowballing*). Identitas bibliografis dan kesesuaian temuan dicocokkan dengan laman penerbit, DOAJ, repositori, abstrak, atau teks lengkap; sumber yang tidak dapat diverifikasi dikeluarkan. Sebanyak 42 sumber dilaporkan termasuk, terdiri atas 34 artikel jurnal/prosiding/bab buku, empat buku, dan empat regulasi, standar, atau pedoman. Dokumen normatif dipakai sebagai acuan ambang dan ketentuan, bukan sebagai hasil empiris.

Informasi setiap kajian yang relevan ditelaah melalui matriks sintesis yang mencatat konteks, parameter fisik, ukuran perilaku atau luaran, dan temuan utama (Tabel 1). Analisis berlangsung secara deskriptif-tematik dengan membandingkan akustik, termal, kualitas udara, pencahayaan, desain dan pemanfaatan ruang, bangunan alih fungsi, serta ruang transisi saat antar jemput. Hasil perbandingan kemudian dipetakan menjadi celah penelitian (Tabel 2) dan kerangka konseptual ‘dari kelas hingga jalan’. Tidak digunakan instrumen tes atau kuesioner primer, pengujian validitas dan reliabilitas statistik, maupun perangkat lunak analisis yang dilaporkan secara khusus; mutu penelusuran ditopang oleh pencocokan informasi antarsumber. Keterbatasan kajian adalah seleksi purposif, ketiadaan penilaian risiko bias formal, pembatasan basis data dan bahasa, serta kemungkinan tidak tercakupnya studi lokal; karena itu kerangka konseptual yang dihasilkan masih memerlukan pengujian empiris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian yang disertakan dikelompokkan ke dalam tujuh tema. Ringkasan kajian empiris dan tinjauan utama disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks Sintesis Kajian Utama

Rujukan	Konteks	Parameter fisik	Ukuran perilaku/luaran	Temuan pokok
Barrett dkk. (Barrett et al., 2015)	Sekolah dasar, Inggris	Cahaya, suhu, kualitas udara, aspek desain lain	Kemajuan belajar	Desain kelas yang baik dapat meningkatkan kemajuan belajar hingga 16% dalam satu tahun
Shield & Dockrell (Shield & Dockrell, 2003)	Tinjauan, usia sekolah	Kebisingan	Kinerja kognitif dan akademik	Paparan bising berdampak negatif terhadap kinerja anak

Rujukan	Konteks	Parameter fisik	Ukuran perilaku/luaran	Temuan pokok
Klatte dkk. (Klatte et al., 2013)	Tinjauan singkat	Kebisingan	Persepsi ujaran, memori, pemahaman	Anak lebih terganggu oleh bising dibandingkan orang dewasa
Gheller dkk. (Gheller et al., 2023)	Tinjauan sistematis, 26 kajian, siswa SD	Bising ujaran dan nonujaran	Kinerja kognitif dan akademik	Bising ujaran mengganggu memori kerja verbal; bising nonujaran memengaruhi prestasi akademik, terutama membaca
Astolfi dkk. (Astolfi et al., 2019)	±330 siswa kelas 1 SD, Turin, Italia	Waktu dengung, kejelasan ujaran, bising latar	Gangguan bising, kesejahteraan	Waktu dengung panjang berkaitan dengan gangguan bising lebih tinggi serta rasa senang dan kepuasan diri lebih rendah
Deng dkk. (Deng et al., 2025)	73 anak TK, Nanchang, Tiongkok	Afordansi spasial kelas	Tindakan individual dan sosial saat bermain bebas	Taksonomi afordansi spasial untuk mengamati tindakan anak
van Liempd dkk. (van Liempd et al., 2020)	Tinjauan naratif, 19 kajian, usia 6 bulan–6 tahun	Tata ruang bermain dalam ruang	Pemanfaatan ruang, perilaku sosial dan kognitif	Tata ruang terbuka dan area kegiatan khusus memengaruhi perilaku; basis bukti masih kecil
Cha (Cha, 2023)	141 anak usia 61–85 bulan, eksperimen VR	Ukuran kelas, pemandangan jendela	Fungsi eksekutif, kortisol, HRV	Kelas besar meningkatkan fleksibilitas kognitif; pemandangan jendela tidak berpengaruh signifikan
Lee dkk. (Lee et al., 2023)	TK, Daejeon, Korea Selatan	CO_2, PM2,5, ventilasi, filter	Strategi pengelolaan	±20,4 m^3/jam per anak menjaga CO_2 <1.000 ppm; ventilasi lebih besar memasukkan PM2,5 dari luar
Winroth dkk. (Winroth et al., 2023)	Prasekolah negeri, Swedia	Waktu dengung, kekuatan bunyi, kejelasan ujaran	Parameter akustik ruang	Anak dapat menerima kondisi akustik berbeda dari orang dewasa
Martikainen dkk. (Martikainen et al., 2023)	7 fasilitas PAUD, Finlandia	Tingkat bising, waktu dengung	Kesejahteraan anak dan staf, kesehatan suara	Tidak ada hubungan akustik–kesejahteraan; bising >70 dB berkaitan dengan kesehatan suara staf
Fernandes dkk. (Fernandes et al., 2023)	Tinjauan sistematis, 39 kajian, anak 5–12 tahun	Ventilasi, penghijauan, perjalanan aktif	Paparan dan kesehatan	Tidak ditemukan intervensi sekolah untuk menekan bising lalu lintas
Pellegatti dkk. (Pellegatti et al., 2023)	Tinjauan sistematis, 37 kajian	Bising kipas dan bunyi luar melalui jendela terbuka	Persepsi ujaran, kognisi, kenyamanan	Bising kipas negatif; bunyi manusia dan lalu lintas negatif atau netral; bunyi alam positif

Rujukan	Konteks	Parameter fisik	Ukuran perilaku/luaran	Temuan pokok
Torresin dkk. (Torresin et al., 2019)	Kajian konseptual, hunian berventilasi alami	Bising luar melalui bukaan	Kenyamanan akustik	Konflik ventilasi–bising membatasi penerapan ventilasi alami
Faraj dkk. (Faraj et al., 2023)	Dua sekolah menengah, Selangor, Malaysia	Ventilasi, tata letak koridor	Kenyamanan termal (simulasi, 67 responden)	Kelas berkoridor satu sisi lebih nyaman secara termal
Abdullah dkk. (Abdullah et al., 2019)	3 TK di lingkungan industri, institusi, permukiman	PM, CO, CO_2, suhu, kelembapan	Pemenuhan baku mutu	Polutan dalam batas; suhu dan kelembapan melampaui batas
Damanhuri dkk. (Damanhuri et al., 2025)	3 prasekolah tanpa pendingin udara, Melaka	Suhu, kelembapan, kecepatan udara	PMV dan PPD	Suhu 27,0–33,5 °C; PPD >95%
Shelviana dkk. (Shelviana et al., 2023)	Dua kelas SD, Semarang	Termal, pencahayaan, kebisingan	Pemenuhan SNI	Bising melampaui SNI; pencahayaan tidak merata; termal tidak terpenuhi
Indrawati dkk. (Indrawati et al., 2017)	Kelas SMA menghadap jalan ramai, Surabaya	Bising lalu lintas	Tingkat bising terhadap baku mutu	Bising latar 78,3 dBA (baku 55 dBA); bising masuk melalui celah pintu dan jendela
Fitriani & Muhsin (Fitriani & Muhsin, 2025)	Kelas SD, Ciputat	Desain bukaan, ventilasi silang	Laju pertukaran udara	Laju awal 2,62 kali per jam, di bawah anjuran
Salleh dkk. (Salleh et al., 2015)	240 TK di bangunan alih fungsi, Malaysia	Kualitas lingkungan dalam ruang	Persepsi dan kepuasan penghuni	Kebisingan paling tidak memuaskan, terkait jalan utama dan kelas kecil
Anggraini & Batubara (Anggraini & Batubara, 2021)	Lembaga PAUD, Indonesia	Sarana dan prasarana	Pemenuhan standar minimal	Kesenjangan terhadap standar minimal, terutama alat permainan edukatif
Habibah & Sari (Habibah & Sari, 2024)	Kelas SD, Jakarta	Kesehatan dan kenyamanan dalam ruang	Pemenuhan kriteria	Memenuhi 4 dari 8 kriteria
Mostafa (Mostafa, 2014)	Sekolah anak dengan autisme, Kairo	Akustik, zonasi, ruang transisi	Kriteria desain	Indeks ASPECTSS dengan tujuh prinsip
Llorens-Gámez dkk. (Llorens-Gámez et al., 2022)	Tinjauan sistematis	Geometri, tata ruang, warna, cahaya, bising, suhu	Atensi dan memori	Enam kelompok fitur desain berkaitan dengan atensi dan memori

Rujukan	Konteks	Parameter fisik	Ukuran perilaku/luaran	Temuan pokok
Macpherson dkk. (Macpherson et al., 2016)	118 SD, Toronto, Kanada	Lingkungan jalan sekitar sekolah	Perilaku pengantaran, tabrakan pejalan kaki anak	Tiap tambahan perilaku pengantaran berbahaya berkaitan dengan laju tabrakan 45% lebih tinggi
Sharifah Allyana dkk. (Sharifah Allyana et al., 2020)	30 SD, Selangor, Malaysia	Zona antar jemput	Ketersediaan dan pemanfaatan zona	11 dari 30 sekolah memiliki zona; 52% anak memanfaatkannya
Irsyad dkk. (Irsyad et al., 2023)	Gedung pendidikan, Depok	Bukaan, ventilasi alami	Kenyamanan termal (pengukuran, simulasi)	Bukaan ±2,6% luas lantai (anjuran 5%); ventilasi alami tidak efektif
Sattanon (Sattanon, 2023)	6 SD, Thailand; 1.466 orang tua	Zona sekolah	Kecemasan orang tua	Kecemasan sedang–tinggi; prioritas jalur pejalan kaki dan penyeberangan aman
Katoch dkk. (Katoch et al., 2025)	Zona sekolah, rekaman pesawat nirawak	Lalu lintas saat antar jemput	Konflik pejalan kaki–kendaraan (TTC, PET)	Pola konflik berbeda antara pagi dan siang

Sumber: Diolah penulis dari 42 sumber kajian yang tercantum dalam naskah (2026).

Atensi, Regulasi Diri, dan Ambang Sensorik Anak

Fungsi eksekutif berkembang pesat pada usia dini dan menjadi dasar kemampuan anak untuk mengarahkan atensi, menahan respons, dan menyesuaikan perilaku (Diamond, 2013). Model pemrosesan sensorik Dunn menjelaskan bahwa respons anak terhadap stimulus ditentukan oleh ambang neurologis dan strategi pengaturan diri, sehingga menghasilkan pola registrasi rendah, mencari, peka, dan menghindari stimulus (Dunn, 2001). Teori pemulihan atensi menambahkan bahwa atensi terarah merupakan sumber daya terbatas yang dapat lelah, dan lingkungan yang menuntut banyak penyaringan stimulus mempercepat kelelahan tersebut (Kaplan, 1995). Kedua kerangka ini menjadi dasar konsep beban sensorik dalam artikel ini, yaitu akumulasi stimulus lingkungan yang harus diproses anak di suatu ruang.

Akustik dan Kebisingan

Kebisingan merupakan parameter dengan bukti paling konsisten. Tinjauan klasik menunjukkan bahwa paparan bising berdampak negatif terhadap kinerja kognitif dan akademik anak (Shield & Dockrell, 2003). Anak lebih rentan dibandingkan orang dewasa karena kemampuan persepsi ujaran dan pengendalian atensinya belum matang (Klatte et al., 2013). Tinjauan sistematis terhadap 26 kajian menemukan bahwa bising ujaran mengganggu memori kerja verbal, sedangkan bising lingkungan nonujaran terutama memengaruhi prestasi akademik seperti membaca (Gheller et al., 2023). Pada sekitar 330 siswa kelas 1 di Turin, Italia, waktu dengung yang panjang berkaitan dengan gangguan bising yang lebih tinggi serta rasa senang dan kepuasan diri yang lebih rendah (Astolfi et al., 2019).

Pada jenjang PAUD, kajian akustik baru mulai berkembang. Pengukuran di prasekolah negeri di Swedia menunjukkan bahwa anak dapat menerima kekuatan bunyi dan kejelasan

ujaran yang berbeda dari orang dewasa, sehingga parameter akustik perlu dinilai dari sudut pandang anak (Winroth et al., 2023). Kajian di tujuh fasilitas PAUD di Finlandia tidak menemukan hubungan antara kondisi akustik dan kesejahteraan anak maupun staf, tetapi tingkat bising di atas 70 dB berkaitan dengan kesehatan suara staf, dan staf menilai penyebaran bunyi serta permukaan keras membuat ruang terasa bising (Martikainen et al., 2023). Tinjauan sistematis tentang intervensi lingkungan sekolah juga belum menemukan intervensi untuk menekan bising lalu lintas (Fernandes et al., 2023).

Termal dan Kualitas Udara

Kajian berskala besar di sekolah dasar menunjukkan bahwa cahaya, suhu, dan kualitas udara termasuk karakteristik fisik kelas yang berkontribusi terhadap kemajuan belajar, dan desain kelas yang baik dapat meningkatkan kemajuan belajar hingga 16% dalam satu tahun (Barrett et al., 2015). Kajian di sebuah taman kanak-kanak di Daejeon, Korea Selatan, menunjukkan bahwa ventilasi sekitar 20,4 m^3/jam per anak diperlukan untuk menjaga CO_2 di bawah 1.000 ppm, tetapi peningkatan ventilasi juga memasukkan partikulat halus dari luar sehingga diperlukan filter berkualitas tinggi. Penulisnya mencatat bahwa kajian peningkatan kualitas udara khusus di taman kanak-kanak masih terbatas (Lee et al., 2023). Kedua kajian tersebut berasal dari wilayah beriklim sedang.

Pengukuran di tiga taman kanak-kanak di lingkungan industri, institusi, dan permukiman menunjukkan bahwa konsentrasi polutan masih dalam batas yang dapat diterima, tetapi suhu dan kelembapan melampaui batas, dan konsentrasi polutan berkorelasi kuat dengan kedua parameter termal tersebut (Abdullah et al., 2019). Di tiga prasekolah tanpa pendingin udara di Melaka, Malaysia, suhu udara tercatat 27,0–33,5 °C dengan kelembapan relatif hingga sekitar 89%, dan persentase penghuni yang diperkirakan tidak puas (PPD) melampaui 95% (Damanhuri et al., 2025).

Pencahayaan dan Standar Acuan

Pencahayaan lebih sering dikaji sebagai bagian dari kualitas lingkungan secara menyeluruh (Barrett et al., 2015) daripada sebagai parameter tunggal yang dikaitkan dengan perilaku anak usia dini. Di Indonesia, ambang acuan lingkungan fisik ruang tersedia dalam beberapa regulasi dan standar, yaitu persyaratan kesehatan lingkungan (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023), sarana dan prasarana PAUD (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2023), dan pencahayaan (Badan Standardisasi Nasional, 2020). Pedoman internasional tentang kebisingan (Berglund et al., 1999) juga sering dijadikan acuan. Prinsip prepared environment Montessori melengkapi standar teknis tersebut dari sudut pandang pedagogis, yaitu ruang yang teratur, terjangkau oleh anak, dan tenang secara sensorik (Lillard, 2017). Kajian literatur di Indonesia juga merumuskan kriteria PAUD ramah anak dalam tiga aspek, yaitu keamanan, kenyamanan, dan stimulasi, baik di dalam maupun di luar ruang (Salam & Amiati, 2022).

Dilema Ventilasi dan Kebisingan di Iklim Tropis

Ruang belajar di iklim tropis lembap umumnya bergantung pada ventilasi alami. Tinjauan sistematis terhadap 37 kajian menemukan bahwa bising kipas ventilasi mekanis berdampak negatif; bunyi aktivitas manusia dan lalu lintas yang masuk melalui jendela terbuka berdampak negatif atau tidak berdampak, bergantung pada jenis tugas; sedangkan bunyi alam justru berdampak positif terhadap belajar dan kenyamanan (Pellegatti et al., 2023). Standar akustik

juga umumnya belum membedakan strategi ventilasi, sehingga bangunan berventilasi alami sulit memenuhi batas bunyi dalam ruang (Torresin et al., 2019). Di Malaysia, simulasi menunjukkan bahwa kelas dengan koridor satu sisi lebih nyaman secara termal karena aliran udaranya lebih baik, sementara jendela kelas dilaporkan kerap ditutup untuk menghindari gangguan bising dari luar (Faraj et al., 2023).

Di Indonesia, pengukuran di sekolah dasar di Semarang menunjukkan tingkat bising yang masih melampaui standar nasional dan kenyamanan termal yang belum terpenuhi (Shelviana et al., 2023). Di sebuah sekolah menengah di Surabaya yang menghadap jalan ramai, bising latar di dekat kelas mencapai 78,3 dBA, jauh di atas baku tingkat kebisingan 55 dBA untuk sekolah, dan bising masuk terutama melalui celah pintu dan kusen jendela (Indrawati et al., 2017). Bukaan ventilasi juga sering kali tidak memadai: laju pertukaran udara sebuah kelas SD di Ciputat hanya 2,62 kali per jam, di bawah kisaran 3–4 kali per jam yang dirujuk penulisnya (Fitriani & Muhsin, 2025), dan bukaan sebuah gedung pendidikan di Depok hanya sekitar 2,6% dari luas lantai, di bawah anjuran 5% (Irsyad et al., 2023). Meski demikian, belum ditemukan kajian yang secara langsung membandingkan kondisi jendela terbuka dan tertutup terhadap perilaku anak di ruang PAUD.

Tata Ruang dan Perilaku Anak

Kajian lingkungan dan perilaku menyediakan metode untuk mengamati hubungan antara ruang dan penggunanya, terutama pemetaan perilaku (Sommer & Sommer, 2002; Zeisel, 2006). Taksonomi afordansi spasial telah dikembangkan untuk mengamati tindakan 73 anak TK di Nanchang, Tiongkok, saat bermain bebas (Deng et al., 2025). Tinjauan terhadap 19 kajian menunjukkan bahwa tata ruang terbuka yang memungkinkan anak menjaga kontak mata dengan pengasuh mendorong pemanfaatan ruang yang lebih luas, sedangkan area kegiatan khusus memicu perilaku sosial dan kognitif yang berbeda (van Liempd et al., 2020). Eksperimen realitas virtual dengan 141 anak menunjukkan bahwa ukuran kelas memengaruhi fleksibilitas kognitif, sedangkan pemandangan jendela tidak berpengaruh signifikan (Cha, 2023). Di ranah desain, indeks ASPECTSS menerjemahkan prinsip sensorik menjadi tujuh kriteria desain sekolah, salah satunya ruang transisi (Mostafa, 2014), dan tinjauan sistematis neuroarsitektur mengidentifikasi enam kelompok fitur desain yang berkaitan dengan atensi dan memori, termasuk pencahayaan, kebisingan, dan suhu (Llorens-Gámez et al., 2022).

Bangunan Alih Fungsi dan Ruang Transisi

Kajian tentang PAUD di bangunan alih fungsi masih jarang. Kajian terhadap 240 taman kanak-kanak di bangunan alih fungsi di Malaysia menemukan bahwa kebisingan menjadi faktor kualitas lingkungan yang paling tidak memuaskan, akibat kedekatan dengan jalan utama dan ukuran kelas yang kecil, tetapi kajian tersebut hanya menilai persepsi penghuni (Salleh et al., 2015). Kajian di Indonesia umumnya mengevaluasi pemenuhan standar sarana dan prasarana PAUD (Anggraini & Batubara, 2021) atau kenyamanan bangunan sekolah berdasarkan standar nasional (Habibah & Sari, 2024; Shelviana et al., 2023), tanpa ukuran perilaku anak.

Di luar ruang kelas, kajian tentang antar jemput hampir seluruhnya berasal dari sekolah dasar. Di Toronto, Kanada, setiap tambahan jenis perilaku pengantaran berbahaya berkaitan dengan laju tabrakan pejalan kaki anak yang 45% lebih tinggi (Macpherson et al., 2016). Di Selangor, Malaysia, hanya 11 dari 30 sekolah yang memiliki zona antar jemput khusus, dan

hanya sekitar separuh anak di sekolah tersebut yang memanfaatkannya (Sharifah Allyana et al., 2020). Survei terhadap 1.466 orang tua di enam sekolah di Thailand menunjukkan kecemasan sedang hingga tinggi terhadap bahaya lalu lintas saat antar jemput, dengan jalur pejalan kaki dari tempat parkir dan penyeberangan yang aman sebagai prioritas perbaikan (Sattanon, 2023). Rekaman pesawat nirawak di zona sekolah juga mengungkap titik konflik antara pejalan kaki dan kendaraan yang polanya berbeda antara pagi dan siang hari (Katoch et al., 2025). Kajian ruang publik memandang zona peralihan antara bangunan dan jalan sebagai tempat berlangsungnya banyak aktivitas (Gehl, 2011). Temuan-temuan ini relevan bagi PAUD di rumah tinggal, yang kemungkinan besar juga tidak memiliki zona antar jemput khusus, tetapi penerapannya pada anak usia dini masih perlu diuji.

Sintesis menunjukkan bahwa bukti tentang hubungan lingkungan fisik dan kondisi anak cukup konsisten, terutama untuk kebisingan, tetapi belum menjangkau konteks yang paling relevan bagi PAUD di Indonesia. Tabel 2 merangkum celah yang ditemukan.

Tabel 2. Peta Celah Penelitian

Aspek	Yang sudah diketahui	Celah	Arah penelitian
Iklim	Bukti terkuat berasal dari iklim sedang (Barrett et al., 2015; Gheller et al., 2023; Klatte et al., 2013; Martikainen et al., 2023; Shield & Dockrell, 2003; Winroth et al., 2023)	Ventilasi alami di iklim tropis lembap mulai dikaji di SD dan sekolah menengah, tetapi jarang di PAUD (Abdullah et al., 2019; Damanhuri et al., 2025; Faraj et al., 2023; Pellegatti et al., 2023; Torresin et al., 2019)	Pengukuran ruang PAUD berventilasi alami pada kondisi jendela terbuka dan tertutup
Jenjang	Sebagian besar kajian di sekolah dasar (Astolfi et al., 2019; Barrett et al., 2015; Shelviana et al., 2023)	Kajian kualitas udara dan akustik di PAUD masih terbatas (Abdullah et al., 2019; Damanhuri et al., 2025; Lee et al., 2023; Martikainen et al., 2023; Winroth et al., 2023)	Parameter dan ambang yang sesuai dengan aktivitas anak usia dini
Tipologi bangunan	Evaluasi standar sarana dan prasarana (Anggraini & Batubara, 2021; Habibah & Sari, 2024)	Bangunan alih fungsi hanya dikaji dari persepsi penghuni (Salleh et al., 2015)	Pemetaan kondisi fisik per zona dalam satu bangunan
Ukuran perilaku	Afordansi dan tata ruang di PAUD (Deng et al., 2025; van Liempd et al., 2020)	Kajian perilaku tidak mempertimbangkan konteks alih fungsi; kajian fisik tidak mengamati perilaku	Penggabungan pengukuran fisik dengan pemetaan perilaku anak
Unit analisis	Ruang kelas sebagai satu kesatuan	Variasi kondisi antarzona dalam satu bangunan belum dikaji	Zona ruang sebagai unit analisis
Ruang transisi	Perilaku, zona, dan konflik antar jemput di SD (Katoch et al., 2025; Macpherson et al., 2016; Sattanon, 2023; Sharifah Allyana et al., 2020); ruang transisi sebagai kriteria desain sensorik (Mostafa, 2014)	Ruang transisi rumah–jalan pada PAUD belum dikaji	Pemetaan perilaku anak saat antar jemput di ruang transisi

Sumber: Sintesis penulis berdasarkan literatur yang dirangkum pada Tabel 1 (2026).

Bukti tersebar di dua kelompok yang tidak saling bertemu. Kelompok pertama adalah kajian fisik ruang yang mengukur atau menilai kondisi akustik, termal, dan kualitas udara, tetapi tidak mengamati perilaku anak (Abdullah et al., 2019; Anggraini & Batubara, 2021; Damanhuri et al., 2025; Fitriani & Muhsin, 2025; Habibah & Sari, 2024; Indrawati et al., 2017; Salleh et al., 2015; Shelviana et al., 2023). Kelompok kedua adalah kajian perilaku yang menunjukkan pengaruh ruang terhadap tindakan dan perkembangan anak, tetapi dilakukan pada bangunan yang dirancang khusus dan di luar iklim tropis lembap (Cha, 2023; Deng et al., 2025; van Liempd et al., 2020). Akibatnya, belum ada bukti tentang bagaimana anak merespons ruang yang tidak dirancang sebagai ruang belajar, padahal kondisi semacam ini dapat dijumpai pada PAUD di bangunan alih fungsi.

Konteks tropis menghadirkan dilema yang belum banyak dijawab kajian di iklim sedang. Kajian bangunan berventilasi alami mencatat adanya konflik antara kebutuhan ventilasi dan masuknya bising luar melalui bukaan (Torresin et al., 2019). Di iklim tropis lembap, jendela yang sama menjadi jalur pendinginan sekaligus jalur masuknya bising (Faraj et al., 2023; Pellegatti et al., 2023; Torresin et al., 2019), sementara ruang prasekolah tanpa pendingin udara sudah melampaui batas kenyamanan termal (Damanhuri et al., 2025). Pada bangunan alih fungsi rumah tinggal, dilema ini berpotensi diperberat oleh letak bangunan yang dekat dengan jalan dan pembagian ruang yang tidak dirancang untuk kegiatan belajar. Ruang depan diduga lebih bising, ruang tengah dengan sedikit bukaan lebih pengap, dan ruang belakang relatif terlindung. Dugaan ini perlu diuji secara empiris karena belum ada data yang mendukung maupun membantahnya.

Perhatian kajian berhenti di dinding kelas. Kajian tentang PAUD hampir seluruhnya berfokus pada ruang dalam. Padahal, pada PAUD di rumah tinggal, peralihan anak dari pengawasan orang tua ke pengawasan guru berpotensi terjadi di teras, carport, atau tepi jalan. Kajian di sekolah dasar menunjukkan bahwa perilaku pengantaran berbahaya berkaitan dengan tabrakan pejalan kaki anak (Macpherson et al., 2016), zona antar jemput khusus sering tidak tersedia atau tidak dimanfaatkan (Sharifah Allyana et al., 2020), dan orang tua menaruh kecemasan tinggi terhadap bahaya lalu lintas saat antar jemput (Sattanon, 2023). Ruang ini patut dikaji pada PAUD, terutama karena kemampuan pengendalian diri anak usia dini belum matang (Diamond, 2013). Kriteria ruang transisi dalam indeks desain sensorik (Mostafa, 2014) juga menunjukkan bahwa peralihan antarruang merupakan bagian penting dari pengalaman sensorik anak.

Kerangka Konseptual dan Agenda Penelitian

Berdasarkan celah pada Tabel 2, artikel ini mengajukan kerangka konseptual “dari kelas hingga jalan” (Gambar 1) sebagai usulan yang perlu diuji secara empiris. Kerangka ini memandang pengalaman anak di PAUD sebagai satu rangkaian ruang, mulai dari jalan permukiman, melalui ruang transisi, hingga zona-zona di ruang dalam. Pada setiap ruang, stimulus lingkungan dan pengaturan ruang membentuk perilaku yang dapat diamati, dan perilaku tersebut berkaitan dengan atensi, regulasi diri, serta keselamatan anak.



Gambar 1. Kerangka Konseptual "Dari Kelas hingga Jalan"
Sumber: Kerangka konseptual hasil sintesis penulis dari kajian literatur (2026).

Garis atas pada Gambar 1 menunjukkan dilema iklim tropis: bising dan panas dari jalan masuk ke ruang dalam saat jendela dibuka. Garis putus-putus menunjukkan perbandingan antara persepsi keselamatan orang tua dan perilaku yang teramati saat antar jemput. Kerangka tersebut diturunkan menjadi lima agenda penelitian:

1. Pemetaan beban sensorik per zona. Mengukur akustik, termal, kualitas udara, dan pencahayaan di setiap zona bangunan alih fungsi, lalu merangkumnya menjadi indeks yang dapat dibandingkan antarzona dan antarbangunan.
2. Perbandingan kondisi jendela terbuka dan tertutup. Menguji dilema ventilasi dan kebisingan secara langsung terhadap keterlibatan dan posisi anak di dalam ruang.
3. Pemaduan pengukuran fisik dengan pemetaan perilaku. Menumpangsusunkan peta kondisi fisik dengan peta perilaku untuk melihat apakah anak menjauhi atau mendekati zona tertentu.
4. Kajian ruang transisi saat antar jemput. Memetakan perilaku anak dan orang tua di teras, gerbang, dan tepi jalan, serta membandingkannya dengan persepsi keselamatan orang tua.
5. Instrumen audit dan kriteria desain. Menerjemahkan temuan menjadi instrumen audit bagi pengelola PAUD dan kriteria desain penataan ruang, dari kelas hingga jalan.

Bagi praktik, kerangka ini menunjukkan bahwa perbaikan ruang PAUD alih fungsi tidak cukup berfokus pada ruang kelas. Penataan zona kegiatan, pengelolaan bukaan, dan pengaturan ruang antar jemput perlu dipandang sebagai satu kesatuan.

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa lingkungan fisik ruang, terutama kebisingan, berkaitan dengan kinerja kognitif, kesejahteraan, dan kemajuan belajar anak. Namun, bukti tersebut belum menjangkau PAUD di bangunan alih fungsi rumah tinggal di iklim tropis lembap. Tiga celah utama ditemukan. Pertama, kajian fisik ruang dan kajian perilaku anak berjalan terpisah.

Kedua, dilema antara ventilasi alami dan kebisingan belum dikaji pada ruang PAUD. Ketiga, perhatian kajian terbatas pada ruang kelas, sementara ruang transisi antara bangunan dan jalan belum dikaji.

Artikel ini mengajukan kerangka konseptual "dari kelas hingga jalan" yang menempatkan beban sensorik di ruang dalam dan perilaku anak di ruang transisi dalam satu rangkaian pengalaman anak di PAUD. Kerangka ini dapat menjadi dasar bagi penelitian empiris, instrumen audit, dan kriteria desain ruang PAUD yang aman dan nyaman. Keterbatasan kajian ini terletak pada sifat naratifnya yang tidak menilai kualitas metodologis setiap kajian secara formal, serta pada cakupan basis data dan bahasa yang digunakan.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, swasta, maupun organisasi lainnya.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian, penulisan, maupun publikasi artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Seluruh penulis berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Penulis 1 (Mariska Pratimi) berperan dalam konseptualisasi penelitian, berperan dalam pengumpulan dan analisis data, berperan dalam interpretasi hasil dan penyusunan naskah, sedangkan penulis lainnya berkontribusi dalam peninjauan, penyuntingan, dan persetujuan akhir naskah.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa tidak menggunakan kecerdasan artifisial generatif dalam penyusunan artikel ini.

REFERENSI

Abdullah, S., Abd Hamid, F. F., Ismail, M., Ahmed, A. N., & Wan Mansor, W. N. (2019). Data on indoor air quality (IAQ) in kindergartens with different surrounding activities. *Data in Brief*, *25*, 103969. https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103969

Anggraini, E. S., & Batubara, L. (2021). Evaluasi pemenuhan standar minimal sarana dan prasarana pendidikan anak usia dini. *Jurnal Usia Dini*, *7*(1), 20–26. https://doi.org/10.24114/jud.v7i1.25785

Astolfi, A., Puglisi, G. E., Murgia, S., Minelli, G., Pellerey, F., Prato, A., & Sacco, T. (2019). Influence of classroom acoustics on noise disturbance and well-being for first graders. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2736. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02736

Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Konservasi energi pada sistem pencahayaan (SNI 6197:2020)*.

Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, *89*, 118–133. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013

Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Eds.). (1999). *Guidelines for community noise*. World Health Organization.

Cha, K. (2023). The influence of classroom size and window view on young children's executive functions and physiological responses, based on VR technology. *Behavioral Sciences*, *13*(11), 936. https://doi.org/10.3390/bs13110936

Damanhuri, A. A. M., Ishak, N. N. M., Tuan, T. B., Mustafa, M. S. S., Lubis, A. M. H. S., & Khean, C. C. (2025). Evaluation thermal comfort based on PMV and PPD using CBE tool for three non-air-conditioned pre school: A case study in Melaka Tengah, Malaysia district area. *Journal of Design and Built Environment*, (Special Issue V), 126–135.

Deng, C., Noorhani, N. M. A., Mustapha, A. A., & Zhao, Z. (2025). Spatial affordances of Chinese kindergarten classrooms for children's immediate actions in free play session. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, *10*(31), 19–25. https://doi.org/10.21834/e-bpj.v10i31.6579

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135–168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Dunn, W. (2001). The sensations of everyday life: Empirical, theoretical, and pragmatic considerations. *American Journal of Occupational Therapy*, *55*(6), 608–620. https://doi.org/10.5014/ajot.55.6.608

Faraj, L., Ja'afar, M. F. Z., & Shari, Z. (2023). Evaluating ventilation for thermal comfort in two classrooms types in Malaysian secondary classrooms. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, *18*(7), 2069–2078. https://doi.org/10.18280/ijsdp.180709

Fernandes, A., Ubalde-López, M., Yang, T. C., McEachan, R. R. C., Rashid, R., Maitre, L., Nieuwenhuijsen, M. J., & Vrijheid, M. (2023). School-based interventions to support healthy indoor and outdoor environments for children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(3), 1746. https://doi.org/10.3390/ijerph20031746

Fitriani, A., & Muhsin, A. (2025). The effect of opening design on natural ventilation in classrooms of Elementary School 02 Ciputat. *Journal of Architectural Research and Education*, *7*(1), 27–42. https://doi.org/10.17509/jare.v7i1.79033

Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space*. Island Press.

Gheller, F., Spicciarelli, G., Scimemi, P., & Arfé, B. (2023). The effects of noise on children's cognitive performance: A systematic review. *Environment and Behavior*, *55*(8–10), 698–734. https://doi.org/10.1177/00139165241245823

Habibah, R. N., & Sari, Y. (2024). Study of indoor health and comfort of classroom at public elementary school: Ragunan 08 Pagi. In *Prosiding ICEREAM 2024* (pp. 1–7). Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. https://jurnal.umj.ac.id/index.php/icecream/article/view/22822

Indrawati, S., Santika, B. B., & Suyatno. (2017). Analisis kebisingan arus lalu lintas terhadap kegiatan belajar mengajar (KBM) di SMA Swasta Surabaya. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, *13*(1), 14–18. https://doi.org/10.12962/j24604682.v13i1.2131

Irsyad, N. A., Dewi, O. C., & Rahmasari, K. (2023). Study recommendations to achieve thermal comfort in an educational building. *Dimensi: Journal of Architecture and Built Environment*, *50*(1), 1–12. https://doi.org/10.9744/dimensi.50.1.1-12

Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, *15*(3), 169–182. https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2

Katoch, B., Ghosh, I., & Chandra, S. (2025). Assessment of child pedestrian safety in school zones: An UAV driven approach. In *Traffic management, operation, safety and emerging technology*. Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-8118-1_19

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan* [Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 55].

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2023). *Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 22 Tahun 2023 tentang Standar Sarana dan Prasarana pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah* [Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 226].

Klatte, M., Bergström, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology*, *4*, 578. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00578

Lee, D., Kim, Y., Hong, K.-J., Lee, G., Kim, H.-J., Shin, D., & Han, B. (2023). Strategies for effective management of indoor air quality in a kindergarten: CO2 and fine particulate matter concentrations. *Toxics*, *11*(11), 931. https://doi.org/10.3390/toxics11110931

Lillard, A. S. (2017). *Montessori: The science behind the genius* (3rd ed.). Oxford University Press.

Llorens-Gámez, M., Higuera-Trujillo, J. L., Omarrementeria, C. S., & Llinares, C. (2022). The impact of the design of learning spaces on attention and memory from a neuroarchitectural approach: A systematic review. *Frontiers of Architectural Research*, *11*(3), 542–560. https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.002

Macpherson, A., Rothman, L., Howard, A., Buliung, R., & Macarthur, C. (2016). Dangerous student car drop-off behaviors and child pedestrian–motor vehicle collisions: An observational study. *Traffic Injury Prevention*, *17*(5), 454–459. https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1116041

Martikainen, S., Prawda, K., Ståhlberg-Aalto, F., Lautanala, I., Kostilainen, K., Välimäki, V., & Tervaniemi, M. (2023). Acoustics and the well-being of children and personnel in early childhood education and care. *Frontiers in Education*, *8*, 1244428. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1244428

Mostafa, M. (2014). Architecture for autism: Autism ASPECTSS™ in school design. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, *8*(1), 143–158. https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v8i1.314

Pellegatti, M., Torresin, S., Visentin, C., Babich, F., & Prodi, N. (2023). Indoor soundscape, speech perception, and cognition in classrooms: A systematic review on the effects of ventilation-related sounds on students. *Building and Environment*, *236*, 110194. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110194

Salam, A., & Amiati, D. R. (2022). Desain lingkungan fisik untuk perkembangan dalam kebutuhan anak di PAUD. *Early Childhood Education Indonesian Journal*, *5*(3), 79–82.

Salleh, N. M., Kamaruzzaman, S. N., Riley, M., Zawawi, E. M. A., & Sulaiman, R. (2015). A quantitative evaluation of indoor environmental quality in refurbished kindergarten buildings: A Malaysian case study. *Building and Environment*, *94*, 723–733. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.002

Sattanon, K. (2023). Assessment of priority parental anxiety index for school zone improvement during drop-off and pick-up time around primary schools in Thailand. *International Journal of Architecture, Arts and Design*, *1*(1), 3–18.

Sharifah Allyana, S. M. R. J., Nurulhuda, H., Nur Zarifah, & Azzuhana, R. (2020). Drop-off and pick-up zone in selected primary school in Selangor. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, *9*(3), 138–144. https://doi.org/10.6007/IJARPED/v9-i3/8261

Shelviana, A., Kartikawati, D., Zahran, M. W., Fauziyyah, Z., Putri, M. N., Pramelya, A. D., & Ramadhan, M. A. (2023). Evaluasi aspek kenyamanan bangunan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) (studi kasus: SDN Sumurboto, Kota Semarang). *Gewang*, *5*(2), 116–124. https://doi.org/10.35508/gewang.v5i2.11289

Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2003). The effects of noise on children at school: A review. *Building Acoustics*, *10*(2), 97–116. https://doi.org/10.1260/135101003768965960

Sommer, B., & Sommer, R. (2002). *A practical guide to behavioral research: Tools and techniques* (5th ed.). Oxford University Press.

Torresin, S., Albatici, R., Aletta, F., Babich, F., Oberman, T., & Kang, J. (2019). Acoustic design criteria in naturally ventilated residential buildings: New research perspectives by applying the indoor soundscape approach. *Applied Sciences*, *9*(24), 5401. https://doi.org/10.3390/app9245401

van Liempd, I. H., Oudgenoeg-Paz, O., & Leseman, P. P. M. (2020). Do spatial characteristics influence behavior and development in early childhood education and care? *Journal of Environmental Psychology*, *67*, 101385. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.101385

Winroth, J., Ögren, M., Glebe, D., & Persson Waye, K. (2023). Child-centred room acoustic parameters of public preschools in Sweden. *Buildings*, *13*(11), 2777. https://doi.org/10.3390/buildings13112777

Zeisel, J. (2006). *Inquiry by design: Environment/behavior/neuroscience in architecture, interiors, landscape, and planning* (Rev. ed.). W. W. Norton.