

Validasi Psikometrik Instrumen Digital Preferensi Sensori untuk Deteksi Gaya Belajar Matematika Siswa Sekolah Menengah

Satya Santika, Depi Ardian Nugraha, Muhamad Zulfikar Mansyur, Refi Dwi Marsika, Sherly Agustina Hendarman

Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Siliwangi, Taasikmalaya, Indonesia

E-mail: satyasantika@unsil.ac.id

ABSTRACT

The urgency to individualize mathematics instruction in secondary education has highlighted the necessity for reliable, contextually appropriate assessment tools that identify students' sensory learning preferences. However, existing instruments—especially digital ones—often lack rigorous psychometric validation, limiting their practical and theoretical utility. This study aimed to develop and validate a digital instrument for assessing sensory learning preferences (visual, auditory, kinesthetic) among Indonesian middle school students, focusing on content validity, construct validity, internal consistency, and item discrimination. Employing a research and development approach using the ADDIE model, the instrument was created through a participatory process involving experts in mathematics, educational psychology, and digital learning, alongside teachers and students. Validation processes included expert content review, pilot testing, and large-scale field implementation with 134 students from diverse urban and peri-urban schools in Tasikmalaya. Content validity indices indicated high expert agreement, while exploratory and confirmatory factor analyses confirmed a robust three-factor structure consistent with theoretical expectations. Reliability analysis revealed strong internal consistency across all dimensions. All items demonstrated satisfactory discrimination power. The digital instrument was positively received by both teachers and students, facilitating efficient identification of students' dominant learning preferences and supporting adaptive mathematics instruction. This research provides empirical evidence for the feasibility and utility of psychometrically validated digital assessment in Indonesian educational settings, offering a scalable tool to promote data-driven instructional differentiation. Future studies are recommended to further expand the instrument's scope and examine its impact on learning outcomes longitudinally.

Keywords: *sensory learning preferences; digital assessment; psychometric validation; mathematics education; secondary school.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pendidikan matematika dewasa ini diwarnai oleh kebutuhan mendesak akan pendekatan pembelajaran dan asesmen yang lebih personal, responsif terhadap keragaman individu, serta berbasis pada integrasi teknologi digital (Gerofsky, 2024; Nurjanah, Kansil, Masturoh, & Hanwar, 2024; Saat, Alias, & Saat, 2024; Vanderburg, 2024). Salah satu isu sentral dalam upaya diferensiasi pembelajaran adalah pemahaman dan deteksi gaya belajar siswa, khususnya berbasis preferensi sensorik seperti visual, auditori, kinestetik, serta kombinasi lainnya (Apipah, Kartono, & Isnarto, 2018; Bravo-Velásquez & Reyes-Ávila, 2023; Khan & Setyaningsih, 2024; Khatrri & Khanal, 2024; M. Igcasama, 2024; Mariñez-Báez, 2024; Ortega-Torres, Solaz-Portolés, & Sanjosé-López, 2021; Pradestya, Sudirman, & Susandi, 2024; Sari, Choirudin, Hariyanti, & Farooq, 2024; Setiyowati, Aisyah, Susanti, & Susanti, 2024). Pemanfaatan gaya belajar berbasis preferensi sensorik diyakini mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan, retensi, dan prestasi matematika siswa di berbagai jenjang pendidikan, khususnya pada materi-materi abstrak yang selama ini menjadi tantangan besar di

ruang kelas (Hairul Nizam, Anuar, Faradilla Abd Rahman, & Alam, 2024; Laswadi, Supriadi, Khaidir, & Anggoro, 2022; Nurjanah et al., 2024; Pradestya et al., 2024; Sari et al., 2024; Setiyowati et al., 2024).

Namun, terlepas dari semakin banyaknya model dan instrumen penilaian gaya belajar yang dikembangkan (VARK, Felder-Silverman, Kolb, Honey-Mumford, SU-19, dan lain-lain), hampir seluruh penelitian menyoroti tantangan validitas dan reliabilitas instrumen, terutama dalam konteks digital (Álvarez-Montero, Leyva-Cruz, & Moreno-Alcaraz, 2018; Bosman & Schulze, 2018; Cardozo De Jesus et al., 2024; Egaña, Revuelta, & González, 2018; Kanadlı, 2016; Marosan, Savic, Klasnja-Milicevic, Ivanovic, & Vesin, 2022; Nurmalisa, Sunyono, Yulianti, & Sinaga, 2023; Ridwan, 2017). Mayoritas instrumen penilaian gaya belajar yang beredar belum memenuhi standar psikometrik internasional secara konsisten, baik dalam aspek validitas konstruk, reliabilitas internal, maupun stabilitas temporal (Egaña et al., 2018; Kanadlı, 2016; Ortega-Torres et al., 2021). Kesenjangan ini diperparah oleh minimnya penelitian yang mengintegrasikan digitalisasi asesmen dengan analisis psikometrik mendalam berbasis populasi siswa sekolah menengah di berbagai latar budaya dan demografi (Mangwende, 2024; Rahim, Gani, Lestari, & Mutmainnah, 2023; Sari et al., 2024; Setiyowati et al., 2024).

Urgensi penelitian validasi psikometrik instrumen digital gaya belajar berbasis preferensi sensorik sangat relevan dalam konteks pendidikan matematika di era digital, di mana pembelajaran adaptif dan personalisasi semakin menjadi arus utama kurikulum (Cuturi, Cappagli, Yiannoutsou, Price, & Gori, 2021; Geraniou, Jankvist, Elicer, Tamborg, & Misfeldt, 2024; Saat et al., 2024; Weigand, Trgalova, & Tabach, 2024). Berbagai studi mutakhir menegaskan bahwa penggunaan instrumen digital berbasis web atau aplikasi, baik untuk asesmen formatif, diagnostik, maupun adaptasi konten pembelajaran, berpotensi besar meningkatkan efektivitas, motivasi, serta penguasaan konsep matematika (Alzboun, Halalsheh, Alsaiti, Aldreabi, & Dahdoul, 2023; Fariyah, 2018; Guzmán & Nuñez, 2024; Panjaburee & Srisawasdi, 2016; Sari et al., 2024). Namun, pengembangan instrumen digital yang valid dan reliabel untuk deteksi gaya belajar sensorik masih sangat langka, khususnya yang memenuhi standar analisis faktor, uji konsistensi, dan uji diskriminasi item berbasis populasi sekolah menengah (SU-19, VARK digital, Felder-Silverman digital, dkk.) (Cardozo De Jesus et al., 2024; Manojlović, Gvozden, & Milojević, 2023; Marosan et al., 2022; Ridwan, 2017).

Kajian literatur menunjukkan bahwa hampir seluruh instrumen penilaian gaya belajar digital yang ada masih menghadapi masalah keandalan, baik dalam hal konsistensi internal (α Cronbach sering $< 0,7$), stabilitas hasil, maupun validitas prediktif pada prestasi matematika siswa (Alzboun et al., 2023; Egaña et al., 2018; Ridwan, 2017; Sari et al., 2024). Terdapat pula inkonsistensi hasil terkait hubungan antara gaya belajar berbasis sensorik dengan capaian akademik, baik dalam ranah literasi matematika, pemecahan masalah, maupun kemampuan representasi matematis (Hairul Nizam et al., 2024; Khan & Setyaningsih, 2024; Khatri & Khanal, 2024; Sari et al., 2024; Setiyowati et al., 2024; Zales & Vasquez, 2022). Selain itu, masih sedikit studi yang benar-benar menguji instrumen digital berbasis preferensi sensorik pada populasi besar, lintas sekolah, serta dengan analisis faktor konfirmatori dan uji diskriminasi butir secara menyeluruh (Cardozo De Jesus et al., 2024; Egaña et al., 2018; Manojlović et al., 2023).

Research gap utama yang muncul adalah: (1) minimnya penelitian yang secara khusus melakukan validasi psikometrik komprehensif terhadap instrumen digital berbasis preferensi sensorik pada siswa sekolah menengah dalam konteks matematika, (2) kurangnya integrasi antara digitalisasi penilaian, uji reliabilitas, validitas konstruk, serta analisis empiris diskriminasi butir pada populasi Indonesia, dan (3) terbatasnya penelitian yang membandingkan efektivitas instrumen digital dengan instrumen konvensional dalam deteksi gaya belajar serta dampaknya pada adaptasi pembelajaran matematika (Alzboun et al., 2023; Apipah et al., 2018; Cardozo De Jesus et al., 2024; Egaña et al., 2018; Kanadlı, 2016; Mangwende, 2024; Manojlović et al., 2023; Rahim et al., 2023; Sari

et al., 2024). Selain itu, tantangan bias konteks, perbedaan budaya, serta kurangnya studi longitudinal tentang stabilitas preferensi sensorik pada siswa Indonesia masih menjadi agenda riset yang belum terjawab (Fitkov-Norris & Yeghiazarian, 2019; Flores, Fernández, Barrera, & Estrada, 2024; Manojlović et al., 2023).

Novelty dan orisinalitas penelitian ini terletak pada: (1) pengembangan dan validasi psikometrik instrumen digital preferensi sensorik gaya belajar yang dirancang khusus untuk deteksi gaya belajar matematika siswa sekolah menengah, (2) penerapan uji validitas konstruk, reliabilitas internal, serta diskriminasi item pada populasi siswa Indonesia, serta (3) analisis hubungan instrumen digital dengan capaian matematika siswa secara empiris dalam skala besar dan heterogen (Alzboun et al., 2023; Cardozo De Jesus et al., 2024; Ferianti & Saputri, 2024; Kanadli, 2016; Manojlović et al., 2023; Ridwan, 2017). Penelitian ini juga mengadopsi pendekatan multi-metode (mixed-methods) untuk mengintegrasikan data kuantitatif validasi psikometrik dan data kualitatif terkait persepsi siswa dan guru terhadap penggunaan instrumen digital dalam asesmen gaya belajar (Apipah et al., 2018; Flores et al., 2024; Mangwende, 2024; Sari et al., 2024). Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengembangkan dan memvalidasi instrumen digital preferensi sensorik gaya belajar untuk deteksi gaya belajar matematika siswa sekolah menengah berbasis standar psikometrik internasional, (2) menganalisis validitas konstruk, reliabilitas internal, dan diskriminasi item instrumen digital tersebut, serta (3) mengevaluasi hubungan antara hasil asesmen digital dengan capaian matematika dan respons pengguna di lingkungan pendidikan Indonesia (Alzboun et al., 2023; Ferianti & Saputri, 2024; Kanadli, 2016; Manojlović et al., 2023; Marosan et al., 2022; Sari et al., 2024).

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah: Bagaimana validitas psikometrik instrumen digital preferensi sensorik untuk deteksi gaya belajar matematika siswa sekolah menengah? Fokus utama diarahkan pada pengujian validitas konstruk, reliabilitas, diskriminasi item, serta analisis empiris pada populasi target secara representatif. Secara teoretis, penelitian ini mengisi kesenjangan literatur tentang asesmen digital berbasis preferensi sensorik yang tervalidasi psikometrik, dan secara praktis, diharapkan memberikan kontribusi pada inovasi asesmen berbasis teknologi yang adaptif, objektif, dan kontekstual sesuai kebutuhan pendidikan matematika abad ke-21 di Indonesia (Alzboun et al., 2023; Cardozo De Jesus et al., 2024; Ferianti & Saputri, 2024; Geraniou et al., 2024; Kanadli, 2016; Manojlović et al., 2023; Ridwan, 2017; Sari et al., 2024; Weigand et al., 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) untuk mengembangkan sekaligus memvalidasi instrumen digital preferensi sensori dalam deteksi gaya belajar matematika siswa sekolah menengah. Rancangan penelitian ini difokuskan pada uji validitas psikometrik instrumen digital yang dikembangkan, sehingga seluruh tahapan penelitian diarahkan untuk memastikan validitas dan reliabilitas data yang diperoleh. Populasi penelitian adalah siswa SMP di Kota Tasikmalaya, sedangkan sampel diambil secara stratified random sampling dari beberapa sekolah negeri dan swasta guna mewakili keberagaman karakteristik siswa dan institusi. Pada tahap analisis kebutuhan dan karakteristik, data dikumpulkan melalui wawancara dengan guru matematika dan observasi kelas untuk mengidentifikasi keragaman preferensi sensori siswa serta memastikan bahwa instrumen relevan secara kontekstual.

Instrumen utama penelitian berupa angket digital berbasis web yang telah dirancang menggunakan framework Laravel, mencakup butir-butir yang merepresentasikan aspek visual, auditori, dan kinestetik sesuai teori preferensi sensori dalam pembelajaran matematika. Skema uji

validitas dan reliabilitas dilakukan secara bertahap sebagai berikut: pertama, validasi isi (content validity) dilakukan melalui penilaian pakar multidisiplin (ahli materi matematika, psikologi pendidikan, dan praktisi pendidikan digital) dengan menggunakan lembar validasi berbasis skala Likert. Hasil penilaian pakar dianalisis menggunakan indeks Aiken untuk memastikan setiap butir instrumen memenuhi kriteria relevansi dan kejelasan. Kedua, setelah revisi berdasarkan masukan pakar, dilakukan uji coba terbatas (pilot test) pada 12 siswa dari dua sekolah berbeda untuk menguji aspek teknis dan psikometrik awal, diikuti dengan revisi instrumen jika ditemukan kekurangan. Ketiga, implementasi skala luas dilakukan pada minimal 120 siswa dengan pengumpulan data secara digital. Keempat, validitas konstruk diuji melalui analisis faktor eksploratori (Exploratory Factor Analysis/EFA) untuk mengidentifikasi struktur faktor, dan dilanjutkan dengan analisis faktor konfirmatori (Confirmatory Factor Analysis/CFA) untuk mengonfirmasi kesesuaian model teoretis menggunakan perangkat lunak SPSS dan AMOS. Uji reliabilitas dilakukan dengan menghitung koefisien alpha Cronbach untuk menilai konsistensi internal setiap dimensi instrumen, sedangkan uji diskriminasi butir dilakukan melalui analisis korelasi item-total dan perbandingan rerata antar kelompok preferensi sensori.

Seluruh proses pengumpulan dan analisis data dilakukan secara anonim serta mengikuti prinsip etika penelitian, termasuk informed consent dari siswa dan izin resmi dari sekolah serta Dinas Pendidikan Kota Tasikmalaya. Dengan prosedur skema validasi dan reliabilitas yang sistematis dan berlapis tersebut, validitas dan keandalan data dijaga secara ketat, baik pada level instrumen maupun proses penelitian, sehingga hasil penelitian dapat diandalkan untuk aplikasi lebih lanjut dalam asesmen gaya belajar matematika berbasis digital

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai validasi psikometrik instrumen digital preferensi sensori untuk deteksi gaya belajar matematika siswa sekolah menengah dilaksanakan di enam sekolah menengah pertama (SMP) di Kota Tasikmalaya. Sebanyak 134 siswa kelas VIII dan IX berpartisipasi dalam penelitian ini, yang dipilih melalui teknik stratified random sampling guna merepresentasikan keberagaman karakteristik institusi dan peserta didik, baik dari sekolah negeri maupun swasta di wilayah perkotaan dan pinggiran kota. Rata-rata usia responden adalah 14,1 tahun dengan standar deviasi 0,7 tahun, dan proporsi siswa perempuan sebesar 57% serta laki-laki 43%. Proses pengumpulan data berlangsung dari Agustus hingga November 2023. Seluruh partisipan telah mendapatkan izin resmi dari orang tua maupun institusi sekolah, dan data diperoleh secara daring menggunakan platform digital berbasis Laravel yang memfasilitasi rekapitulasi otomatis hasil pengisian instrumen oleh siswa.

Sebelum implementasi instrumen pada skala luas, dilakukan validasi isi oleh tiga pakar yang terdiri atas seorang ahli materi matematika (SR), seorang psikolog pendidikan (AW), dan seorang praktisi pendidikan digital (DR). Penilaian kelayakan instrumen dilakukan menggunakan lembar validasi skala Likert empat poin yang meliputi aspek kesesuaian konten, kejelasan bahasa, dan keterwakilan dimensi preferensi sensori. Hasil penilaian menunjukkan bahwa rerata skor untuk aspek kesesuaian konten sebesar 3,67, kejelasan bahasa 3,83, dan keterwakilan dimensi 3,58, dengan rerata total 3,70. Analisis indeks Aiken terhadap seluruh butir instrumen menghasilkan nilai antara 0,83 hingga 1,00, yang menandakan tingkat validitas isi sangat tinggi. Salah satu pakar, DR, menuturkan, “Instrumen ini sudah cukup komprehensif merepresentasikan preferensi sensori. Bahasa yang digunakan juga mudah dipahami siswa.”

Selanjutnya, uji coba terbatas (pilot test) dilaksanakan pada 12 siswa dari dua sekolah berbeda untuk mengidentifikasi kendala teknis maupun aspek psikometrik awal. Seluruh siswa mampu menyelesaikan pengisian instrumen tanpa hambatan berarti, dengan rerata waktu penyelesaian sebesar 9,2 menit dan standar deviasi 2,1 menit. Tidak ditemukan item yang

membbingungkan atau memerlukan revisi mayor. Salah satu siswa, AR, menyampaikan, “Pertanyaannya mudah dipahami dan pilihan jawabannya sesuai dengan kebiasaan saya belajar.” Temuan ini menegaskan kesiapan instrumen untuk diimplementasikan secara lebih luas.

Pada tahap implementasi skala luas, instrumen digital yang terdiri atas 21 item terbagi ke dalam tiga dimensi preferensi sensori, yaitu visual, auditori, dan kinestetik. Statistik deskriptif menunjukkan rata-rata skor pada dimensi visual sebesar 17,1 ($SD = 3,2$), auditori 15,4 ($SD = 3,5$), dan kinestetik 16,2 ($SD = 3,1$). Sebanyak 41% siswa memperlihatkan kecenderungan dominan pada preferensi visual, diikuti oleh kinestetik sebanyak 33%, dan auditori 26%. Analisis lebih lanjut melalui faktor eksploratori (EFA) mengindikasikan nilai KMO sebesar 0,813 dan hasil Bartlett’s Test of Sphericity signifikan ($p < 0,001$), sehingga data dinyatakan layak untuk analisis faktor. Hasil ekstraksi membentuk tiga faktor utama sesuai konstruk teoretis, dengan total varians terjelaskan sebesar 67,2%. Seluruh item pada instrumen memiliki loading faktor di atas 0,60 pada faktor yang tepat tanpa cross-loading berarti.

Selanjutnya, dilakukan analisis faktor konfirmatori (Confirmatory Factor Analysis/CFA) untuk menguji kesesuaian model tiga faktor (visual, auditori, kinestetik) terhadap data empiris. Hasil CFA menunjukkan nilai Comparative Fit Index (CFI) sebesar 0,96, Tucker-Lewis Index (TLI) sebesar 0,95, dan Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) sebesar 0,045. Seluruh nilai fit indices ini berada pada kategori sangat baik sesuai standar internasional, menegaskan bahwa struktur faktor instrumen digital preferensi sensori memiliki validitas konstruk yang kuat dan model tiga faktor yang dihipotesiskan terkonfirmasi secara empiris pada data siswa SMP di Kota Tasikmalaya. Dari sisi reliabilitas, instrumen menunjukkan konsistensi internal yang tinggi, dengan koefisien alpha Cronbach pada dimensi visual sebesar 0,82, auditori 0,79, dan kinestetik 0,81. Secara keseluruhan, reliabilitas instrumen mencapai 0,87 untuk total skor, yang berarti seluruh dimensi instrumen digital ini sangat andal. Uji diskriminasi butir menghasilkan nilai korelasi item-total pada rentang 0,51 hingga 0,77, di mana seluruh item memenuhi kriteria diskriminasi dan layak dipertahankan. Tidak ada satu pun item dengan korelasi di bawah 0,40.

Selain itu, reliabilitas temporal (test-retest reliability) juga telah diuji pada sub-sampel sebanyak 30 siswa dengan interval waktu dua minggu. Hasil analisis menunjukkan koefisien korelasi Pearson antara skor pengisian pertama dan kedua untuk total instrumen sebesar 0,89 ($p < 0,001$), sedangkan untuk setiap dimensi secara terpisah diperoleh nilai 0,87 (visual), 0,85 (auditori), dan 0,88 (kinestetik). Nilai-nilai ini menunjukkan stabilitas hasil pengukuran instrumen digital preferensi sensori dalam jangka waktu pendek berada pada kategori sangat baik. Profil distribusi preferensi sensori siswa menunjukkan dominasi gaya belajar visual, diikuti oleh kinestetik dan auditori. Seorang siswa dengan preferensi visual dominan, NV, mengungkapkan, “Saya lebih mudah paham kalau ada gambar atau diagram. Kalau cuma dijelaskan, kadang suka lupa.” Sementara itu, siswa dengan profil kinestetik, YH, menyatakan, “Saya suka kalau belajar pakai alat atau praktik, jadi nggak cepat bosan.” Hal ini menggambarkan ragam kebutuhan siswa yang dapat teridentifikasi melalui instrumen digital ini.

Tanggapan dari tiga guru matematika (KA, DS, RS) yang terlibat dalam penelitian ini juga sangat positif. Guru KA menyatakan, “Dengan instrumen ini, saya bisa langsung tahu kecenderungan belajar siswa. Ini sangat membantu dalam menyesuaikan metode mengajar.” Guru DS menambahkan, “Proses pengisian digital menghemat waktu dan hasilnya bisa langsung direkap.” Respons guru dan siswa secara umum menunjukkan penerimaan baik terhadap penggunaan instrumen digital preferensi sensori dalam konteks pembelajaran matematika. Secara ringkas, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa instrumen digital preferensi sensori telah dinilai sangat layak oleh para pakar, menunjukkan distribusi preferensi yang merata pada siswa, validitas konstruk yang sangat baik baik dari EFA maupun CFA (fit indices: CFI 0,96; TLI 0,95; RMSEA 0,045), reliabilitas internal dan test-retest yang tinggi, serta diskriminasi item yang optimal. Implementasi instrumen ini di sekolah menengah Kota Tasikmalaya membuktikan bahwa deteksi gaya belajar berbasis digital dapat

dilakukan secara efektif dan diterima baik oleh guru maupun siswa dalam mendukung pembelajaran matematika yang lebih adaptif dan personal.

Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti menyoroti secara kritis bagaimana hasil penelitian pengembangan dan validasi psikometrik instrumen digital preferensi sensorik gaya belajar siswa dalam pembelajaran matematika mampu mengisi kesenjangan penelitian (research gap) yang telah lama menjadi perhatian dalam literatur pendidikan matematika dan teknologi pendidikan. Banyak penelitian sebelumnya, seperti yang diangkat oleh Gerofsky (2024), lebih menekankan pentingnya pengalaman multisensori dalam pembelajaran matematika, namun belum mengulas secara spesifik pengembangan maupun validasi instrumen digital untuk asesmen gaya belajar berbasis sensorik di jenjang menengah. Senada dengan itu, pendekatan pembelajaran individual yang didukung teknologi memang telah terbukti meningkatkan kemahiran matematika dan motivasi siswa (Vanderburg, 2024), tetapi tantangan utama dalam pengintegrasian asesmen digital berbasis preferensi sensorik tetap belum terjawab. Nurjanah et al. (2024) secara eksplisit menyoroti efektivitas pembelajaran multisensori dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika, namun penelitian mereka pun belum menjangkau aspek metodologi validasi psikometrik maupun digitalisasi instrumen asesmen.

Sementara itu, Saat et al. (2024) dan Guzmán & Nuñez (2024) membahas potensi teknologi digital dalam meningkatkan proses pembelajaran matematika, namun fokus mereka lebih pada penggunaan alat digital sebagai media pembelajaran, bukan sebagai alat asesmen berbasis preferensi sensorik yang tervalidasi. Dalam konteks hubungan antara gaya belajar dan capaian matematika, penelitian-penelitian seperti Khatrı & Khanal (2024), Pradestya et al. (2024), M. Igcasama (2024), Laswadi et al. (2022), Sari et al. (2024), Setiyowati et al. (2024), dan Khan & Setyaningsih (2024) pada umumnya menemukan bahwa gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik memang memengaruhi keterlibatan serta prestasi siswa dalam matematika. Namun, mereka belum menyediakan instrumen digital yang tervalidasi psikometrik secara lokal, bahkan kerap kali masih mengandalkan kuesioner model VARK konvensional atau adaptasi dari luar negeri.

Selain itu, berbagai studi meta-analitik dan sistematis seperti yang dilakukan Kanadlı (2016), Álvarez-Montero et al. (2018), Egaña et al. (2018), dan Cardozo De Jesus et al. (2024), justru menunjukkan bahwa sebagian besar instrumen gaya belajar yang digunakan secara luas belum memenuhi syarat validitas konstruk dan reliabilitas internal yang memadai, sehingga tidak layak dijadikan dasar pengambilan keputusan pedagogis. Marosan et al. (2022) dan Fitkov-Norris & Yeghiazarian (2019) juga menegaskan bahwa banyak instrumen gaya belajar yang beredar, baik versi digital maupun non-digital, belum diverifikasi secara psikometrik dengan analisis faktor dan reliabilitas pada populasi siswa yang relevan. Bahkan, studi oleh Manojlović et al. (2023) yang mengembangkan instrumen gaya belajar baru pun belum secara spesifik menguji dimensi preferensi sensorik dalam konteks pembelajaran matematika digital di Indonesia.

Temuan penelitian ini secara langsung menjawab kekosongan tersebut. Pengembangan instrumen digital preferensi sensorik yang dilakukan dalam penelitian ini tidak hanya berbasis teori terkini mengenai gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik, sebagaimana telah banyak dijelaskan oleh model-model seperti VARK (Bosman & Schulze, 2018; Cardozo De Jesus et al., 2024; Ortega-Torres et al., 2021) dan Felder-Silverman (Cardozo De Jesus et al., 2024), tetapi juga menyesuaikan konteks budaya, bahasa, dan kebutuhan pendidikan di Indonesia. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang mengadaptasi instrumen luar negeri atau hanya melakukan validasi terbatas, penelitian ini melakukan validasi isi melalui kolaborasi pakar multidisipliner (matematika, psikologi pendidikan, pendidikan digital) dengan hasil Aiken's V pada seluruh butir di atas 0,83, menunjukkan validitas isi yang sangat tinggi dan komprehensif (Álvarez-Montero et al., 2018; Egaña et al., 2018).

Keunggulan lain yang membedakan penelitian ini adalah validasi konstruk melalui analisis faktor eksploratori (EFA) dan konfirmatori (CFA) yang menunjukkan KMO di atas 0,8 dan varians terjelaskan lebih dari 67% untuk tiga faktor utama, dengan loading faktor setiap butir di atas 0,60 tanpa adanya cross-loading berarti. Hasil ini secara signifikan melampaui standar validasi yang

selama ini menjadi kritik utama terhadap instrumen gaya belajar berbasis sensorik (Egaña et al., 2018; Kanadlı, 2016). Selanjutnya, reliabilitas internal instrumen yang dicapai sangat baik, dengan alpha Cronbach pada semua dimensi (visual, auditori, kinestetik) dan skor total berada pada rentang 0,79–0,87, menegaskan stabilitas dan konsistensi pengukuran yang selama ini jarang dicapai oleh instrumen gaya belajar yang lain (Álvarez-Montero et al., 2018; Bosman & Schulze, 2018).

Dari sisi diskriminasi butir, seluruh item menunjukkan korelasi item-total antara 0,51–0,77, yang artinya instrumen ini mampu membedakan profil siswa secara akurat. Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya mengadopsi prinsip validasi psikometrik terkini, tetapi juga menerapkannya pada instrumen digital yang mudah diakses dan digunakan di lingkungan sekolah menengah Indonesia. Hal ini merupakan novelty yang nyata, karena penelitian terdahulu lebih banyak berhenti pada pengembangan instrumen konvensional atau hanya melakukan pilot test pada sampel kecil tanpa uji validitas konstruk dan reliabilitas komprehensif (Ferianti & Saputri, 2024; Manojlović et al., 2023; Sari et al., 2024).

Secara empiris, implementasi instrumen pada sampel representatif (134 siswa di enam SMP berbeda dengan stratified random sampling) memperkuat signifikansi eksternal hasil penelitian. Penelitian sebelumnya kerap hanya melibatkan satu sekolah atau populasi terbatas sehingga keterwakilan data dan generalisasi temuan masih dipertanyakan (Farihah, 2018; Khatiri & Khanal, 2024; Mariñez-Báez, 2024; Ridwan, 2017). Penelitian ini juga menampilkan integrasi respons pengguna, baik guru maupun siswa, yang menyatakan kemudahan penggunaan, kejelasan instrumen, dan manfaat praktisnya untuk mendukung pembelajaran matematika yang lebih personal dan adaptif—dimensi yang jarang dieksplorasi secara mendalam dalam literatur sebelumnya (Mangwende, 2024).

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat argumen bahwa preferensi sensorik siswa dapat diukur secara objektif dan akurat dengan instrumen digital yang tervalidasi, bukan sekadar asumsi atau observasi informal guru (Geraniou et al., 2024; Gerofsky, 2024; Weigand et al., 2024). Hasil validasi faktor yang kuat dan reliabilitas tinggi memberikan bukti empiris baru yang selama ini jarang dilaporkan dalam literatur Indonesia maupun internasional (Álvarez-Montero et al., 2018; Egaña et al., 2018; Marosan et al., 2022). Secara praktis, keberadaan alat ini menjawab kebutuhan guru matematika dalam mengidentifikasi kecenderungan belajar siswa, merancang strategi pembelajaran yang diferensiatif, serta memonitor efektivitas intervensi berbasis data (Alzboun et al., 2023; Panjaburee & Srisawasdi, 2016; Vanderburg, 2024). Bagi kebijakan pendidikan, hasil penelitian dapat menjadi dasar dalam perumusan program pelatihan guru, pengembangan kurikulum, serta integrasi asesmen digital berbasis preferensi sensorik dalam sistem pendidikan nasional (Geraniou et al., 2024; Mariñez-Báez, 2024; Weigand et al., 2024).

Penelitian ini juga memiliki sejumlah implikasi penting. Pertama, instrumen digital yang dikembangkan dapat diintegrasikan ke dalam sistem pembelajaran sekolah secara luas, memudahkan deteksi kebutuhan individual siswa, dan mempercepat proses adaptasi strategi pembelajaran. Kedua, penggunaan data digital memungkinkan analisis longitudinal, sebagaimana disarankan oleh Torres, Solaz-Portolés, & López (2020) dan Flores et al. (2024), untuk memantau perubahan preferensi sensorik siswa sepanjang waktu. Ketiga, model pengembangan ini dapat dijadikan rujukan bagi asesmen digital bidang pendidikan lain di Indonesia, khususnya untuk memenuhi tuntutan pendidikan berbasis bukti dan teknologi abad ke-21 (Alzboun et al., 2023; Guzmán & Nuñez, 2024; Saat et al., 2024).

Meskipun demikian, penelitian ini juga memiliki keterbatasan. Generalisasi hasil masih terbatas pada konteks SMP di Kota Tasikmalaya; replikasi di wilayah lain atau jenjang berbeda sangat dibutuhkan. Instrumen hanya mencakup tiga dimensi preferensi sensorik utama (visual, auditori, kinestetik), sedangkan dimensi lain seperti baca/tulis (VARK) atau aspek kognitif belum diintegrasikan. Studi ini juga belum menguji stabilitas preferensi sensorik siswa dalam jangka panjang secara longitudinal (Rahim et al., 2023; Torres et al., 2020). Potensi bias dari penggunaan

teknologi, seperti akses internet dan keterampilan digital siswa/guru, masih mungkin terjadi meskipun mitigasi dilakukan melalui pendampingan.

Secara keseluruhan, penelitian ini secara konsisten mengisi gap yang telah diidentifikasi dalam literatur—baik terkait kebutuhan instrumen digital yang tervalidasi, integrasi asesmen psikometrik berbasis teknologi, maupun implementasi empiris pada populasi representatif siswa matematika menengah di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan novelty pada tiga aspek: (1) pengembangan instrumen digital preferensi sensorik gaya belajar yang tervalidasi secara psikometrik dan kontekstual Indonesia, (2) penerapan analisis faktor dan reliabilitas yang komprehensif, serta (3) integrasi langsung ke dalam praktik pembelajaran berbasis bukti yang dapat diadopsi pada skala institusional. Penelitian ini bukan hanya memperkuat basis teoretis mengenai pentingnya asesmen digital dalam pembelajaran matematika, tetapi juga menawarkan inovasi praktis yang sangat dibutuhkan oleh ekosistem pendidikan Indonesia untuk menjawab tantangan diferensiasi dan personalisasi pembelajaran berbasis data.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan dan validasi psikometrik instrumen digital preferensi sensori gaya belajar siswa dalam pembelajaran matematika di SMP Kota Tasikmalaya, dapat disimpulkan bahwa penerapan pendekatan partisipatif terbukti memberikan nilai tambah yang signifikan dalam proses dan luaran penelitian. Keterlibatan aktif guru, siswa, pakar multidisiplin, serta institusi sekolah sejak tahap analisis kebutuhan, pengembangan, hingga implementasi instrumen digital, mampu menghasilkan alat asesmen yang tidak hanya memiliki validitas dan reliabilitas tinggi, tetapi juga relevan dan kontekstual sesuai kebutuhan masyarakat pendidikan setempat. Temuan penelitian ini menjawab rumusan masalah sekaligus membuktikan bahwa instrumen digital yang dikembangkan layak digunakan untuk memetakan gaya belajar siswa secara objektif dan sistematis, sebagaimana tercermin dari validitas isi yang sangat baik (Aiken's $V > 0,83$), validitas konstruk yang kuat ($KMO > 0,8$; loading faktor $> 0,60$), reliabilitas internal tinggi (alpha Cronbach $0,79-0,87$), serta kemampuan diskriminasi item yang memadai. Hasil ini berimplikasi langsung pada peningkatan efisiensi dan efektivitas identifikasi karakteristik belajar siswa di sekolah, memudahkan guru dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa. Lebih jauh, instrumen ini turut memperkuat literasi digital di lingkungan sekolah dan menjadi contoh praktik baik kolaborasi inovasi pendidikan berbasis teknologi yang dapat direplikasi di wilayah atau jenjang pendidikan lain.

Saran

Sebagai tindak lanjut, disarankan agar pengembangan instrumen digital ini mencakup pengujian pada jenjang pendidikan yang lebih tinggi, seperti SMA, guna menguji validitas dan reliabilitasnya pada kelompok usia yang berbeda. Selain itu, pengintegrasian aspek gaya belajar baca/tulis ke dalam instrumen dapat memperkaya pemetaan preferensi belajar siswa secara lebih komprehensif. Pengembangan instrumen juga dapat diarahkan pada adaptasi konten sesuai kebutuhan kurikulum dan karakteristik sekolah di luar Tasikmalaya. Selanjutnya, studi longitudinal perlu dilakukan untuk menelusuri stabilitas preferensi sensori siswa dalam jangka panjang, serta mengevaluasi dampak penggunaan instrumen terhadap perubahan strategi pembelajaran dan peningkatan hasil belajar matematika siswa. Dengan demikian, pendekatan partisipatif dalam penelitian ini tidak hanya menghasilkan inovasi asesmen digital yang aplikatif dan ilmiah, tetapi juga berkontribusi nyata dalam penguatan ekosistem pendidikan berbasis bukti dan teknologi di masyarakat sekolah.

DAFTAR RUJUKAN

- álvarez-Montero, F. J., Leyva-Cruz, M. G., & Moreno-Alcaraz, F. (2018). Learning Styles Inventories: an update of Coffield, Moseley, Hall, & Ecclestone's Reliability and Validity Matrix. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 16(46), 597–629. doi:10.25115/ejrep.v16i46.2237
- Alzboun, M. S., Halalsheh, N. Z., Alslaiti, F. M., Aldreabi, H., & Dahdoul, N. K. S. (2023). The Effect of Digital Content Designed Based on Learning Styles on Academic Achievement and Motivation toward Learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(6), 1405–1423. doi:10.46328/ijemst.3750
- Apipah, S., Kartono, & Isnarto. (2018). An analysis of mathematical connection ability based on student learning style on visualization auditory kinesthetic (VAK) learning model with self-assessment. *Journal of Physics: Conference Series*, 983, 012138. doi:10.1088/1742-6596/983/1/012138
- Bosman, A., & Schulze, S. (2018). Learning style preferences and Mathematics achievement of secondary school learners. *South African Journal of Education*, 38(1), 1–8. doi:10.15700/saje.v38n1a1440
- Bravo-Velásquez, G. M., & Reyes-Ávila, J. O. (2023). Learning styles in the teaching of mathematics. *International Journal of Physics & Mathematics*, 6(1), 39–44. doi:10.21744/ijpm.v6n1.2219
- Cardozo De Jesus, G., Gonçalves, A., Cardozo, M., Paubel, A., Doutor, J., & Energia, E. (2024). Diversidade de estilos de aprendizagem: uma análise teórica com base no modelo Felder-Silverman. *Cuadernos de Educación y Desarrollo - QUALIS A4*, 16(4), e3812. doi:10.55905/cuadv16n4-014
- Cuturi, L. F., Cappagli, G., Yiannoutsou, N., Price, S., & Gori, M. (2021). Informing the design of a multisensory learning environment for elementary mathematics learning. *Journal on Multimodal User Interfaces 2021* 16:2, 16(2), 155–171. doi:10.1007/s12193-021-00382-y
- Egaña, M. L. D., Revuelta, M. J. C., & González, P. (2018). Analysis of the learning styles measurement tools. *Revista de Educacion*, 2018(381). doi:10.4438/1988-592X-RE-2017-381-382
- Farihah, U. (2018). Students' thinking preferences in solving mathematics problems based on learning styles: a comparison of paper-pencil and geogebra. *Journal of Physics: Conference Series*, 1008, 012079. doi:10.1088/1742-6596/1008/1/012079
- Ferianti, F. W., & Saputri, L. D. (2024). Analisis gaya belajar mahasiswa pendidikan matematika stkip melawi. *AL KHAWARIZMI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 77–81. doi:10.46368/kjpm.v4i2.2338
- Fitkov-Norris, E., & Yeghiazarian, A. (2019). Is context the hidden spanner in the works of educational measurement: exploring the impact of context on mode of learning preferences. *Journal of Physics: Conference Series*, 1379(1), 012007. doi:10.1088/1742-6596/1379/1/012007
- Geraniou, E., Jankvist, U. T., Elicer, R., Tamborg, A. L., & Misfeldt, M. (2024). Towards a definition of "mathematical digital competency for teaching". *ZDM – Mathematics Education 2024* 56:4, 56(4), 625–637. doi:10.1007/s11858-024-01585-9
- Gerofsky, S. (2024). Experiencing Mathematical Relationships at a Variety of Scales through Body Movement, Voice, and Touch. In *The Body in Mathematics* (pp. 198–228). BRILL. doi:10.1163/9789004717701_008
- Guzmán, J. J. L., & Nuñez, E. R. V. (2024). Efectividad de herramientas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. *Revista Social Fronteriza*, 4(6), e46552–e46552. doi:10.59814/resofro.2024.4(6)552
- Hairul Nizam, A., Anuar, N., Faradilla Abd Rahman, T., & Alam, P. (2024). Exploring students' learning styles and mathematics performance among lower secondary school students. *International Journal of Modern Education (IJMOE)*, 6(21), 261–276. doi:10.35631/IJMOE.621019
- Kanadli, S. (2016). A Meta-Analysis on the Effect of Instructional Designs based on the Learning Styles Models on Academic Achievement, Attitude and Retention. *Educational Sciences: Theory & Practice*. doi:10.12738/estp.2016.6.0084

- Khan, S. N., & Setyaningsih, R. (2024). Students' Mathematical Literacy in Solving HOTS Problems: Does Learning Style Make a Difference? *Edumatika : Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1). doi:10.32939/ejrpm.v7i1.3819
- Khatiri, T. B., & Khanal, B. (2024). Mathematics Learning Style and Achievement of Secondary Level Students. *Journal of Muskot Campus*, 2(1), 234–253. doi:10.3126/jmc.v2i1.70847
- Laswadi, L., Supriadi, N., Khaidir, C., & Anggoro, B. S. (2022). Investigating the effectiveness of using various mathematics learning media among students with various learning styles. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 189–198. doi:10.24042/ajpm.v13i1.12485
- M. Igcasama, R. (2024). Learning Style Preferences of BSEd- Math Major Students in Mathematics of Investment. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 2035–2039. doi:10.38124/ijisrt/IJISRT24JUN1300
- Mangwende, E. (2024). Learning Styles and Academic Achievement of Distance e-Learning University Mathematics Students: A Case of a University in Zimbabwe. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(1), 61–65. doi:10.24018/ejedu.2024.5.1.324
- Manojlović, M., Gvozden, M., & Milojević, J. (2023). Construction and validation of learning style assessment instrument SU-19. *Inovacije u Nastavi*, 36(1), 1–20. doi:10.5937/inovacije2301001M
- Mariñez-Báez, J. J. (2024). Enseñanza de las matemáticas desde el enfoque por competencias y estilos de aprendizajes de los estudiantes. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(2), 142–154. doi:10.62452/89633795
- Marosan, Z., Savic, N., Klasnja-Milicevic, A., Ivanovic, M., & Vesin, B. (2022). Students' Perceptions of ILS as a Learning-Style-Identification Tool in E-Learning Environments. *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 4426*, 14(8), 4426. doi:10.3390/su14084426
- Nurjanah, Kansil, I. C., Masturoh, I., & Hanwar, D. (2024). Multisensory Learning: Improving Conceptual Understanding Through an Intuitive Sensory Approach. *Journal of Pedagogi*, 1(6), 56–64. doi:10.62872/7ygyx095
- Nurmalisa, Y., Sunyono, S., Yulianti, D., & Sinaga, R. M. (2023). An Integrative Review: Application of Digital Learning Media to Developing Learning Styles Preference. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(1), 187–194. doi:10.18178/ijiet.2023.13.1.1795
- Ortega-Torres, E., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé-López, V. (2021). Secondary Students' Sensory Preferences and Their Influence on Science Academic Achievement. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 336–345. doi:10.15294/JPII.V10I3.30493
- Panjaburee, P., & Srisawasdi, N. (2016). An integrated learning styles and scientific investigation-based personalized web approach: a result on conceptual learning achievements and perceptions of high school students. *Journal of Computers in Education*, 3(3), 253–272. doi:10.1007/s40692-016-0066-1
- Pradestya, R., Sudirman, S., & Susandi, A. D. (2024). Analysis of Students' Mathematical Reasoning in Triangles by Learning Style Preferences. *Journal of Instructional Mathematics*, 5(2), 80–94. doi:10.37640/jim.v5i2.2120
- Rahim, M. E., Gani, M. A., Lestari, M., & Mutmainnah, M. (2023). Gaya Belajar yang Berpengaruh Terhadap Kemampuan Literasi Matematika: Literatur Review. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 3(2), 303–312. doi:10.29303/griya.v3i2.320
- Ridwan, M. (2017). Profil kemampuan penalaran matematis siswa ditinjau dari gaya belajar. *Kalamatika: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(2), 193–206. doi:10.22236/kalamatika.vol2no2.2017pp193-206
- Flores, D. G. R., Fernández, E. C. C., Barrera, L. I. C., & Estrada, S. N. C. (2024). Preferencias sensoriales y la conducta adaptativa. *Psicoespacios*, 18(33), 1–13. doi:10.25057/21452776.1660
- Saat, N. A., Alias, A. F., & Saat, M. Z. (2024). Digital Technology Approach in Mathematics Education: A Systematic Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(4). doi:10.6007/IJARPED/v13-i4/22956

- Sari, M., Choirudin, C., Hariyanti, F., & Farooq, S. M. Y. (2024). The Effect of Interactive Media on Students' Mathematical Communication Ability Based on Learning Styles. *Delta-Phi: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1), 43–52. doi:10.61650/dpjpm.v2i1.752
- Setiyowati, N., Aisyah, N., Susanti, E., & Susanti, E. (2024). How is Math Problem-Solving Skill in Terms of Learning Style? *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 7(1), 1–9. doi:10.31851/indiktika.v7i1.16862
- Torres, E. O., Solaz-Portolés, J. J., & López, V. S. (2020). Adecuación de recursos instruccionales en ciencias a las preferencias sensoriales del alumnado: un estudio exploratorio en enseñanza secundaria. *Revista Complutense de Educación*, 31(4), 473–484. doi:10.5209/rced.65607
- Vanderburg, R. (2024). Enhancing Mathematical Proficiency through Digitally Individualized Pedagogy. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*, 6(1), 29. doi:10.24135/pjtel.v6i1.200
- Weigand, H. G., Trgalova, J., & Tabach, M. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM – Mathematics Education* 2024 56:4, 56(4), 525–541. doi:10.1007/s11858-024-01612-9
- Zales, J. P., & Vasquez, R. S. (2022). Learning styles and achievement in geometry. *South Florida Journal of Development*, 3(4), 5542–5548. doi:10.46932/sfjdv3n4-117