



Digital Arts Experience: Inovasi Teknologi Sensor Suara dan Sentuh Berbasis IoT untuk Literasi dan Pembelajaran Musik Anak Berkebutuhan Khusus di Sumedang

Iwan Kustiawan¹, Deasy Rosanti Nurjannah², Ayo Sunaryo³,
Lilis Widaningsih⁴

Program Studi Teknik Elektro¹, Program Studi Pendidikan Tari³, Program Studi
Pendidikan Arsitektur⁴, Program Studi Teknik Otomasi dan Industri²
Universitas Pendidikan Indonesia^{1,3,4}, Politeknik TEDC Bandung²
e-mail: iwan_kustiawan@upi.edu

Abstrak

Program Digital Arts Experience bertujuan mengembangkan media pembelajaran musik inklusif bagi anak berkebutuhan khusus (ABK) melalui sensor suara dan sentuh berbasis Internet of Things (IoT). Kegiatan dilaksanakan di SLB Shapphira Diyanah dan Rumah Pintar Ibu Een, Sumedang, dengan melibatkan ABK, guru pendamping, orang tua, dan pengelola komunitas. Metode kegiatan mencakup identifikasi kebutuhan, perancangan dan demonstrasi prototipe, pelatihan guru, praktik terarah bersama anak, serta evaluasi partisipatif melalui observasi dan umpan balik pemangku kepentingan. Hasil pengamatan menunjukkan keterlibatan anak yang lebih aktif dalam mengeksplorasi bunyi melalui gerak, vokalisasi, dan sentuhan. Guru juga lebih mampu merancang aktivitas musik multisensori dan menyesuaikannya dengan kebutuhan anak. Umpan balik orang tua menunjukkan variasi ekspresi emosi dan komunikasi setelah kegiatan. Program ini menunjukkan bahwa perangkat musik interaktif berbasis sensor berpotensi mendukung pembelajaran musik inklusif dan literasi teknologi ABK, tetapi efektivitasnya masih perlu diuji dengan indikator terukur dan pendampingan yang lebih panjang.

Kata Kunci: *Anak Berkebutuhan Khusus, Internet of Things, Literasi Digital, Pembelajaran Musik, Sensor Suara dan Sentuh.*

Abstract

The Digital Arts Experience program developed an inclusive music-learning medium for children with special needs using Internet of Things (IoT)-based sound and touch sensors. Activities were conducted at SLB Shapphira Diyanah and Rumah Pintar Ibu Een in Sumedang, involving children, teachers, parents, and community managers. The program comprised needs identification, prototype design and demonstration, teacher training, guided practice with children, and participatory evaluation through observation and stakeholder feedback. Observations indicated more active engagement in exploring sound through movement, vocalization, and touch. Teachers also became more capable of designing multisensory music activities and adapting them to individual needs. Parents reported more varied emotional expression and communication after the sessions. These findings indicate that interactive sensor-based musical devices may support inclusive music learning and gradual technology literacy. However, effectiveness should be examined further using measurable indicators, clearly reported participant data, and a longer period of implementation.

Kata Kunci: *Children With Special Needs, Digital Literacy, Internet of Things, Music.*

PENDAHULUAN

Pendidikan inklusif di Indonesia terus berkembang, tetapi anak berkebutuhan khusus (ABK) masih menghadapi keterbatasan akses terhadap media seni dan musik yang adaptif. Tantangan tersebut berkaitan dengan ketersediaan perangkat, kompetensi pendidik, dukungan institusi, dan kesesuaian teknologi dengan profil sensorik maupun motorik peserta didik. Kajian di Indonesia menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi bantu belum merata dan membutuhkan penguatan pelatihan, infrastruktur, serta kolaborasi antara sekolah, keluarga, dan komunitas (Restianty et al., 2024; Riyadi et al., 2025; Yoyon & Hermanto, 2025).

Aktivitas musik yang terstruktur dan multisensori berpotensi mendukung keterlibatan, regulasi emosi, interaksi sosial, dan komunikasi anak dengan kebutuhan perkembangan yang beragam. Studi eksperimental dan tinjauan sistematis pada anak dengan gangguan spektrum autisme menunjukkan bahwa intervensi musik dapat memberikan manfaat pada aspek komunikasi sosial dan respons perilaku, meskipun hasilnya dipengaruhi oleh karakteristik peserta, intensitas kegiatan, serta instrumen evaluasi yang digunakan (Ke et al., 2022; Lee & Ho, 2025; Sharda et al., 2018). Temuan di Indonesia juga memperlihatkan bahwa pembelajaran musik dapat menjadi sarana ekspresi dan penguatan kecerdasan emosional bagi peserta didik berkebutuhan khusus (Sularso et al., 2024; Sutri et al., 2021).

Perkembangan interaksi manusia-komputer telah melahirkan instrumen musik digital aksesibel (*accessible digital musical instruments/ADMIs*), yaitu perangkat yang memetakan sentuhan, gerakan, tekanan, atau sinyal lain menjadi keluaran musikal. Literatur menekankan pentingnya pemetaan yang dapat disesuaikan, umpan balik yang jelas, ketahanan perangkat, kemudahan pengoperasian, serta keterlibatan pengguna dalam proses desain (Förster, 2023; Förster & Lepa, 2023; Frid, 2019). Pendekatan partisipatif dan iteratif juga membantu memastikan bahwa perangkat tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi relevan dengan praktik pembelajaran dan kebutuhan penggunanya (Lindetorp et al., 2023; Ward, 2023).

Internet of Things (IoT) dapat memperluas fungsi teknologi bantu melalui konektivitas antarkomponen, pertukaran data, pemantauan, dan penyediaan umpan balik secara real-time. Namun, keberhasilan penerapannya dalam pendidikan khusus tidak cukup ditentukan oleh perangkat keras. Implementasi juga memerlukan kompetensi guru, dukungan organisasi, perlindungan data, pemeliharaan, serta integrasi dengan kegiatan pedagogis yang telah berjalan (Rodrigues, 2023; Saabi et al., 2025). Oleh karena itu, inovasi teknologi untuk ABK perlu diposisikan sebagai bagian dari ekosistem pembelajaran, bukan sebagai perangkat yang berdiri sendiri.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, program Digital Arts Experience dirancang sebagai kegiatan pengabdian berbasis komunitas yang melibatkan perguruan tinggi, sekolah khusus, pusat belajar masyarakat, guru, orang tua, dan ABK di Sumedang. Program ini bertujuan: (1) mengembangkan prototipe musik interaktif berbasis sensor suara dan sentuh; (2) meningkatkan kemampuan guru dalam merancang aktivitas musik multisensori; dan (3) memperoleh umpan balik pengguna sebagai dasar penyempurnaan perangkat dan model implementasinya.

METODE

Pelaksanaan program Digital Arts Experience menggunakan pendekatan pengabdian kepada masyarakat berbasis partisipasi (participatory community engagement), dengan menempatkan sekolah, keluarga, dan pusat belajar masyarakat sebagai mitra utama dalam perancangan sekaligus pemanfaatan teknologi. Pendekatan ini dipilih karena kebutuhan anak berkebutuhan khusus (ABK) dan guru di lapangan tidak dapat sepenuhnya dijawab oleh solusi teknologi yang dirancang secara top-down, tetapi menuntut proses ko-desain, uji coba, dan penyempurnaan yang terus-menerus bersama pengguna.

Lokasi dan Peserta Kegiatan

Kegiatan dilaksanakan di SLB Shapphira Diyanah Sumedang dan Rumah Pintar Ibu Een Sumedang, yang berfungsi sebagai pusat pembelajaran komunitas. Kedua lokasi dipilih karena merepresentasikan ekosistem pendidikan ABK di wilayah peri-urban dengan keterbatasan media pembelajaran musik adaptif dan minimnya paparan seni digital. Peserta program terdiri atas: (a) anak berkebutuhan khusus dengan ragam hambatan intelektual, sensorik, dan perilaku yang terdaftar di SLB Shapphira Diyanah; (b) guru kelas dan guru pendamping khusus; (c) pengelola Rumah Pintar; (d) orang tua/wali murid yang hadir dalam sesi sosialisasi dan refleksi; serta (e) tim pengabdian dari perguruan tinggi (dosen dan mahasiswa) sebagai fasilitator dan pengembang teknologi.

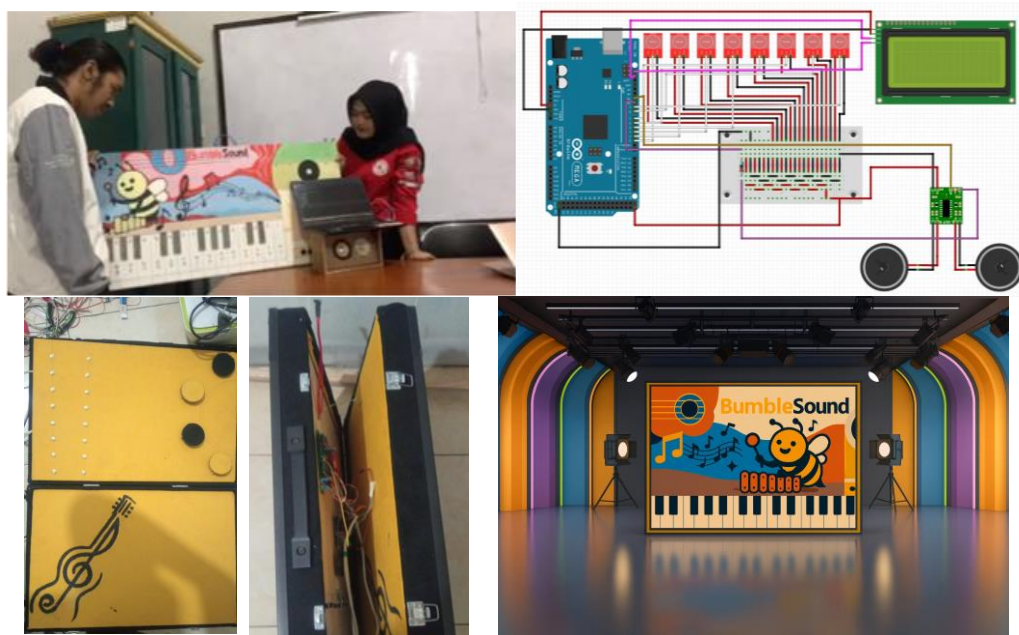


Gambar 1. Lokasi Pelaksanaan Sosialisasi

Desain Program dan Perangkat Digital Arts Experience

Secara metodologis, program dirancang sebagai program empowering yang menggabungkan pengembangan perangkat teknologi berbasis Internet of Things (IoT) dengan pelatihan pedagogis bagi guru dan pendamping. Perangkat

Digital Arts Experience dikembangkan sebagai sistem musik multisensori yang memanfaatkan sensor suara dan sentuh untuk mengubah input anak – berupa vokalisasi, tepukan, gerakan tangan, atau sentuhan pada permukaan tertentu – menjadi keluaran musikal (nada, ritme, atau efek suara) yang dapat dinikmati secara langsung. Dari sisi teknis, prototipe memanfaatkan mikrokontroler yang terhubung dengan sensor dan aktuator audio, serta antarmuka sederhana yang dapat dioperasikan guru tanpa latar belakang teknis yang kompleks. Dari sisi pedagogis, desain aktivitas merujuk pada prinsip pembelajaran musik inklusif dan lingkungan multisensori yang mendukung partisipasi aktif ABK dalam konteks yang aman dan menyenangkan (Lee & Ho, 2025; Žalys, 2021; Lindetorp et al., 2023).



Gambar 2. Program dan Perangkat Alat

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Metode pelaksanaan disusun dalam beberapa tahapan yang saling berkelanjutan. Tahap pertama adalah pemetaan kebutuhan (needs assessment), dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur dengan guru dan pengelola sekolah, observasi kegiatan belajar musik yang sudah berjalan, serta diskusi kelompok terarah (focus group discussion) untuk mengidentifikasi hambatan utama, preferensi anak, dan ekspektasi guru terhadap media pembelajaran musik berbasis teknologi.

Tahap kedua adalah perancangan dan pengembangan prototipe perangkat Digital Arts Experience. Pada fase ini, tim pengabdian menyusun spesifikasi teknis dan pedagogis berdasarkan temuan tahap pertama, kemudian mengembangkan prototipe awal yang diuji coba secara terbatas di lingkungan laboratorium kampus. Hasil uji coba awal digunakan untuk menyempurnakan sensitivitas sensor, bentuk antarmuka, jenis keluaran suara, serta aspek keamanan dan ketahanan perangkat sebelum dibawa ke lokasi mitra.

Tahap ketiga adalah sosialisasi dan pelatihan guru. Kegiatan ini mencakup pengenalan konsep pembelajaran musik multisensori berbasis IoT, demonstrasi langsung penggunaan perangkat, serta simulasi kegiatan pembelajaran yang dapat diadaptasi guru di kelas. Pendekatan pelatihan menggunakan kombinasi paparan singkat, *hands-on practice*, dan refleksi bersama, agar guru tidak hanya memahami cara mengoperasikan perangkat, tetapi juga mampu merancang aktivitas yang bermakna bagi ABK.



Gambar 3. Sosialisasi kepada Guru

Tahap keempat adalah implementasi dan pendampingan praktik bersama anak. Pada tahap ini, perangkat digunakan dalam sesi pembelajaran musik yang melibatkan ABK di SLB dan Rumah Pintar. Tim pengabdian dan guru bersama-sama memfasilitasi anak untuk mengeksplorasi suara, ritme, dan pola gerakan melalui interaksi dengan perangkat. Implementasi dilakukan beberapa kali dengan variasi skenario, seperti sesi eksplorasi bebas, permainan musik sederhana, dan aktivitas respons-panggilan (*call-response*), untuk mengamati pola partisipasi anak dan kenyamanan guru dalam mengelola kegiatan.



Gambar 4. Implementasi dan Pendampingan Praktik Alat bersama Anak

Tahap kelima adalah refleksi partisipatif dan perbaikan perangkat. Guru, orang tua, dan tim pengabdian melakukan refleksi mengenai manfaat, keterbatasan, dan potensi pengembangan lebih lanjut. Masukan tersebut digunakan untuk menyempurnakan fitur perangkat, skenario penggunaan, serta menyusun rekomendasi replikasi pada konteks sekolah lain.

Partisipasi Mitra dan Pola Interaksi dengan Komunitas

Sejak tahap awal, program ini menempatkan mitra sebagai subjek yang aktif, bukan sekadar penerima teknologi. Guru dan pengelola sekolah terlibat dalam pengambilan keputusan terkait fitur yang paling relevan, waktu pelaksanaan, serta bentuk kegiatan yang sesuai dengan ritme belajar anak. Orang tua dilibatkan dalam sesi sosialisasi dan beberapa kali diundang untuk mengamati

maupun memberi umpan balik terkait perubahan perilaku dan emosi anak setelah berinteraksi dengan perangkat musik. Anak sendiri diposisikan sebagai “co-designer” melalui pengamatan terhadap preferensi mereka; misalnya, jenis suara atau jenis respons sensorik yang paling memicu keterlibatan positif akan diprioritaskan dalam revisi desain. Dengan demikian, partisipasi komunitas tidak berhenti pada tahap persetujuan, tetapi mengalir ke seluruh siklus desain–implementasi–refleksi.

Teknik Pengumpulan Data dan Evaluasi

Untuk mengevaluasi dampak program, tim menggunakan kombinasi data kualitatif dan kuantitatif sederhana. Data kualitatif diperoleh melalui observasi partisipatif saat sesi pembelajaran berlangsung, catatan lapangan, rekaman video kegiatan, serta wawancara singkat dengan guru dan orang tua setelah sesi. Data ini digunakan untuk menggali dinamika interaksi anak dengan perangkat, perubahan ekspresi emosi, tingkat keterlibatan, dan persepsi guru terhadap kemudahan penggunaan perangkat.

Data kuantitatif dikumpulkan dalam bentuk skala penilaian sederhana yang diisi guru, misalnya frekuensi partisipasi aktif anak, durasi keterlibatan selama sesi, dan jumlah anak yang secara sukarela ingin mengulang aktivitas. Selain itu, indikator keberhasilan program juga mencakup peningkatan kepercayaan diri guru dalam memanfaatkan teknologi bantu, dilihat dari kemampuan mereka merancang aktivitas baru tanpa bergantung penuh pada tim pengabdian. Keseluruhan temuan kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menarik implikasi bagi pengembangan model pendidikan seni berbasis IoT di konteks Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan program Digital Arts Experience menghasilkan sejumlah temuan penting terkait peningkatan keterlibatan anak berkebutuhan khusus (ABK), penguatan kompetensi guru dalam menerapkan teknologi seni multisensori, dan terbentuknya praktik pedagogi baru berbasis komunitas. Hasil ini diperoleh melalui proses observasi, pendampingan, refleksi bersama, serta dokumentasi kegiatan selama sesi implementasi di SLB Shapphira Diyanah dan Rumah Pintar Ibu Een Sumedang.

1. Peningkatan Keterlibatan dan Respons Sensorik Anak

Salah satu hasil paling menonjol dari program ini adalah meningkatnya keterlibatan (engagement) anak selama pembelajaran musik berbasis sensor suara dan sentuh. Sebelum program dilaksanakan, guru melaporkan bahwa sebagian anak cenderung pasif, mudah terdistraksi, atau menunjukkan perilaku menghindar ketika berhadapan dengan instrumen musik konvensional. Setelah diperkenalkan perangkat *Digital Arts Experience*, sebagian besar anak menunjukkan minat langsung terhadap alat, terutama karena sifatnya yang interaktif, responsif, dan tidak mengharuskan keterampilan motorik kompleks.

Observasi selama kegiatan menunjukkan bahwa anak lebih mudah merespons aktivitas berbasis sentuhan dan suara. Anak yang sebelumnya enggan mengikuti instruksi menjadi lebih aktif ketika diberi kesempatan mengeksplorasi alat secara bebas. Ketika mereka menepuk permukaan sensor, menggerakkan tangan di depan sensor suara, atau mengeluarkan vokalisasi sederhana, perangkat memberikan umpan balik musikal yang membuat anak tersenyum, tertawa, dan ingin mengulangi aktivitas tersebut. Hal ini memperlihatkan bahwa perangkat berhasil menciptakan pengalaman multisensori yang menyenangkan dan aman bagi ABK.

Selain itu, sesi eksplorasi terarah menunjukkan bahwa sebagian anak mampu mempertahankan fokus lebih lama dibandingkan saat kegiatan musik biasanya dilakukan di kelas. Guru mencatat adanya peningkatan kemampuan mengikuti pola ritme sederhana, merespons instruksi secara berkelanjutan, dan menunjukkan ekspresi emosional yang lebih terbuka, seperti antusiasme dan rasa percaya diri.

2. Penguatan Kompetensi Guru dalam Pembelajaran Musik Multisensori

Dari sisi guru, program ini memberikan peningkatan signifikan dalam kemampuan mereka merancang kegiatan musik berbasis teknologi. Pada awal program, mayoritas guru belum familiar dengan konsep IoT, sensor, ataupun perangkat musik digital. Pelatihan dan demonstrasi yang diberikan tim pengabdian membuat guru merasa lebih percaya diri untuk mencoba perangkat dalam konteks pembelajaran sehari-hari.

Setelah melalui sesi pelatihan dan pendampingan, guru menunjukkan pemahaman yang lebih kuat tentang bagaimana memanfaatkan perangkat untuk mengatasi hambatan sensorik dan motorik anak. Guru mampu mengadaptasi aktivitas sesuai dengan tingkat kemampuan masing-masing anak, misalnya dengan memberikan rangsangan suara sederhana untuk anak dengan hambatan fokus, atau menggunakan pola gerakan berulang bagi anak dengan kebutuhan regulasi sensori tertentu.

Guru juga mulai mengembangkan variasi kegiatan baru, seperti permainan musik “panggilan dan jawaban”, eksplorasi ritme kelompok, dan aktivitas gerak musikal yang mengintegrasikan sentuhan dan suara. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat tidak hanya dipahami sebagai alat teknis, tetapi sebagai media pedagogis yang memfasilitasi kreativitas guru dalam merancang aktivitas musik inklusif.

3. Keterlibatan Orang Tua dan Lingkungan Komunitas

Keterlibatan orang tua dan komunitas menjadi aspek penting dalam keberhasilan program. Selama kegiatan berlangsung, sebagian orang tua hadir untuk mengamati perkembangan anak. Mereka melaporkan bahwa anak tampak lebih ceria dan antusias ketika berinteraksi dengan perangkat musik digital dibandingkan kegiatan musik konvensional.

Orang tua juga melihat adanya perubahan positif dalam komunikasi anak di rumah, seperti kecenderungan mengekspresikan suara, gerakan, atau ritme tertentu yang sebelumnya jarang muncul. Meskipun perubahan tersebut berbeda pada setiap anak, temuan ini menunjukkan potensi perangkat sebagai alat pendukung terapi dan komunikasi sehari-hari.

Dukungan pengelola Rumah Pintar Ibu Een Sumedang juga berperan dalam memfasilitasi ruang belajar yang kondusif untuk kegiatan berbasis teknologi. Keikutsertaan komunitas dalam menyediakan ruang, waktu, dan bantuan teknis ringan memperlihatkan bahwa model pengabdian ini dapat diintegrasikan dengan kegiatan komunitas yang sudah berjalan.

4. Penyempurnaan Prototipe dan Pembelajaran Berbasis Umpan Balik

Implementasi lapangan memberikan banyak masukan yang digunakan untuk memperbaiki prototipe Digital Arts Experience. Tim mencatat bahwa intensitas sentuhan anak, variasi tingkat kebisingan ruangan, serta durasi interaksi mempengaruhi sensitivitas sensor. Berdasarkan temuan tersebut, tim melakukan kalibrasi ulang sensor suara dan sentuh, memperbaiki stabilitas keluaran audio, dan menyederhanakan tampilan antarmuka agar lebih ramah bagi guru.

Proses umpan balik berkelanjutan dari guru dan siswa membuat pengembangan alat bersifat iteratif, responsif, dan berbasis konteks lokal. Model learning by doing yang terjadi selama kegiatan memungkinkan perangkat dikembangkan bukan hanya secara teknis, tetapi secara pedagogis sesuai kebutuhan anak.

5. Implikasi terhadap Pengembangan Pembelajaran Musik Inklusif

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penggunaan perangkat musik berbasis sensor IoT berpotensi menjadi solusi pembelajaran musik yang lebih fleksibel, responsif, dan ramah bagi ABK. Perangkat ini membantu menjembatani hambatan motorik dan sensorik yang selama ini menjadi kendala utama dalam kegiatan musik konvensional.

Lebih jauh lagi, program ini memperlihatkan bahwa teknologi dapat menjadi alat pemberdayaan apabila diterapkan bersama guru dan komunitas, bukan sekadar dipindahkan dari laboratorium ke ruang kelas. Kombinasi antara teknologi multisensori dan pendekatan berbasis komunitas membuka peluang untuk memperluas model pembelajaran musik inklusif di berbagai daerah lain yang memiliki karakteristik serupa.

SIMPULAN

Program Digital Arts Experience berhasil menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi sensor suara dan sentuh berbasis Internet of Things (IoT) dapat menjadi alternatif media pembelajaran musik yang inklusif bagi anak berkebutuhan khusus di Sumedang. Kegiatan yang dilaksanakan di SLB Shapphira Diyanah dan Rumah Pintar Ibu Een memperlihatkan peningkatan keterlibatan, respons sensorik, dan ekspresi emosional anak selama berpartisipasi dalam pembelajaran musik. Anak yang sebelumnya cenderung pasif atau enggan

terlibat dalam aktivitas musik konvensional menjadi lebih aktif mengeksplorasi suara, gerak, dan ritme ketika berinteraksi dengan perangkat multisensori yang responsif dan aman.

Dari sisi pendidik, program ini memperkuat kompetensi guru dalam merancang dan memfasilitasi pembelajaran musik berbasis teknologi. Guru tidak hanya mampu mengoperasikan perangkat, tetapi juga mengadaptasi aktivitas sesuai profil kebutuhan masing-masing anak, serta mengembangkan variasi kegiatan musik kolaboratif yang lebih kreatif. Keterlibatan orang tua dan komunitas dalam proses sosialisasi, observasi, dan refleksi turut memperkuat ekosistem pembelajaran, sehingga teknologi tidak hadir sebagai elemen asing, melainkan terintegrasi dengan praktik pendidikan dan kehidupan sehari-hari.

Secara keseluruhan, program ini menyimpulkan bahwa integrasi perangkat *Digital Arts Experience* ke dalam pembelajaran musik dapat berfungsi sebagai media pemberdayaan, baik bagi anak berkebutuhan khusus maupun bagi guru dan keluarga. Pengalaman ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan model pendidikan seni berbasis IoT yang lebih luas, kontekstual, dan replikatif di satuan pendidikan khusus maupun inklusif lainnya di Indonesia, dengan tetap menekankan prinsip ko-desain, pendampingan berkelanjutan, dan kemitraan erat dengan komunitas lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Förster, A. (2023). Accessible digital musical instruments in special educational needs schools: Design considerations based on 16 qualitative interviews with music teachers. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(4), 815–829. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2049141>
- Förster, A., & Lepa, S. (2023). Digital musical instruments in special educational needs schools: Requirements from the music teachers' perspective and the status quo in Germany. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 16(3), Article 23, 1–34. <https://doi.org/10.1145/3616015>
- Frid, E. (2019). Accessible digital musical instruments—A review of musical interfaces in inclusive music practice. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(3), 57. <https://doi.org/10.3390/mti3030057>
- Ke, X., Song, W., Yang, M., Li, J., & Liu, W. (2022). Effectiveness of music therapy in children with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 905113. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.905113>
- Lee, L., & Ho, H.-J. (2025). Technology-enhanced multisensory music education for children with autism: Effects on sensory integration and learning behaviors. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(7), em2664. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16566>
- Lindetorp, H., Svahn, M., Hölling, J., Falkenberg, K., & Frid, E. (2023). Collaborative music-making: Special educational needs school assistants as facilitators in performances with accessible digital musical instruments. *Frontiers in Computer Science*, 5, 1165442. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1165442>

- Restianty, A., Sumartias, S., Hadisiwi, P., & Hafiar, H. (2024). Digital applications as assistive technology for students with disabilities. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 4(3), 445–470. <https://doi.org/10.17509/ajse.v4i3.74413>
- Riyadi, S., Munip, A., Junaidi, A., Buaja, T., Shaddiq, S., & Andriani, N. (2025). Transformasi pendidikan luar biasa di era digital: Inklusi dan teknologi di tahun 2025. *Jurnal Edu Research*, 6(1), 1211–1222. <https://doi.org/10.47827/jer.v6i1.641>
- Rodrigues, I. S. (2023). IoT as assistive technology: Applications in education as a tool for inclusion. *International Journal of Technology in Education*, 6(1), 100–112. <https://doi.org/10.46328/ijte.357>
- Saabi, N., Chlioui, I., & Radgui, M. (2025). A review of assistive technology in special education. *Engineering Proceedings*, 112(1), 45. <https://doi.org/10.3390/engproc2025112045>
- Sharda, M., Tuerk, C., Chowdhury, R., Jamey, K., Foster, N., Custo-Blanch, M., Tan, M., Nadig, A., & Hyde, K. L. (2018). Music improves social communication and auditory-motor connectivity in children with autism. *Translational Psychiatry*, 8, 231. <https://doi.org/10.1038/s41398-018-0287-3>
- Sularso, S., Putri, D. F., & Hanshi, B. (2024). Utilizing music learning as emotional intelligence therapy for students with intellectual disabilities in special elementary schools. *Virtuoso: Jurnal Pengkajian dan Penciptaan Musik*, 7(1), 64–76. <https://doi.org/10.26740/vt.v7n1.p64-76>
- Sutri, Y. V., Tarisih, T., Bulan, S. E., & Lumempouw, N. L. (2021). Peran pendidikan musik terhadap kemampuan anak berkebutuhan khusus mempelajari Pendidikan Agama Kristen. *Indonesian Journal of Religious*, 4(2), 13–22. <https://doi.org/10.46362/ijr.v4i2.1>
- Ward, A. (2023). The development of a Modular Accessible Musical Instrument Technology Toolkit using action research. *Frontiers in Computer Science*, 5, 1113078. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1113078>
- Yoyon, A., & Hermanto, H. (2025). Analysis of assistive technology needs for inclusive education in the early childhood education development sector of the East Kutai Regency Education Office. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 6(2), 1–9. <https://doi.org/10.33122/ejeset.v6i2.1018>
- Žalys, V. (2021). Interactive multisensory environments for children with autism spectrum disorders. In O. Clipa (Ed.), *ATEE 2020 Winter Conference: Teacher Education for Promoting Well-Being in School* (pp. 568–587). LUMEN Publishing. <https://doi.org/10.18662/lumproc/atee2020/39>