

Inovasi Teknologi Asistif *Braille App* Berbasis *Universal Design for Learning* (UDL) bagi Tunanetra**Sayidatul Maslahah, Muhammad Anggie Farizqi Prasadana, Siti Nuraeni, Syifa Maulidina Sinta Bilqis**Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
sayidatulmaslahah@untirta.ac.id**Article History**

received 8/7/2026

accepted 3/9/2026

published 10/9/2026

Abstract

The acquisition of Braille literacy among visually impaired children is frequently hindered by the scarcity of assistive technology and students' high dependency on teachers. To overcome these barriers, this study aims to design an innovative Braille application based on Universal Design for Learning (UDL) principles to facilitate independent learning. This research employs a Research and Development (R&D) methodology utilizing the ADDIE instructional design model, involving two visually impaired subjects. Data were collected through observation, interviews, and documentation, followed by qualitative and quantitative analyses derived from validation tests. The findings demonstrate that the application falls into the "highly feasible" category, as indicated by the mean scores from media experts (3.69) and subject matter experts (3.67). Furthermore, a limited field trial confirmed the product's feasibility with a high score (3.625). In conclusion, this application is proven to be highly effective and representative, making it highly recommended as a supplementary instructional medium for basic Braille learning among visually impaired individuals.

Keywords: Assistive Technology, Braille Apps, Visually Impaired, Universal Design for Learning

Abstrak

Penguasaan huruf Braille pada anak tunanetra kerap terhambat oleh minimnya teknologi asistif serta tingginya ketergantungan siswa terhadap guru. Untuk mengatasi kendala tersebut, studi ini bertujuan merancang inovasi aplikasi Braille berbasis Universal Design for Learning (UDL) guna memfasilitasi kemandirian belajar. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) melalui model ADDIE, dengan melibatkan dua subjek tunanetra. Pengumpulan data dilakukan lewat observasi, wawancara, serta dokumentasi, lalu dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif bersumber dari uji validasi. Hasil riset membuktikan aplikasi ini masuk dalam kategori "sangat layak", ditunjukkan oleh rata-rata skor ahli media (3,69) dan ahli materi (3,67). Uji coba terbatas turut mengonfirmasi kelayakan produk dengan skor tinggi (3,625). Kesimpulannya, aplikasi ini terbukti sangat efektif, representatif, dan direkomendasikan sebagai media pendukung pembelajaran Braille dasar bagi penyandang tunanetra.

Kata kunci: *Teknologi Asistif, Braille Apps, Tunanetra, Universal Design for Learning*



PENDAHULUAN

Teknologi merupakan sesuatu yang dapat meringankan aktifitas manusia dan menjadi salah satu komponen penting sebagai Use of Adaptive Equipment yaitu alat bantu ataupun media yang dapat membantu seorang yang mengalami hambatan/disabilitas (Maurya, 2018). Teknologi Asistif merupakan barang yang diperuntukkan secara khusus untuk meningkatkan dan mempertahankan kemampuan fungsional seorang individu yang memiliki hambatan baik fisik, intelektual, dan lain sebagainya. (Ardi, 2024) Selain itu, dengan adanya teknologi asistif akan sangat membantu seorang yang mengalami hambatan/ disabilitas untuk melakukan tugas dengan baik dengan cakupan alat bantu, adaptif, dan rehabilitasi untuk membantu sisa kemampuan yang dimiliki (Suwahyo dkk., 2022; Wau dkk., 2024). Teknologi yang dimodifikasi ataupun yang belum di modifikasi dengan tujuan untuk membantu aktivitas seseorang yang mengalami hambatan supaya bisa aktifitas dengan baik (Sani & Herlina, 2016; Hoskin dkk., 2024).

Menurut Hoskin dkk. (2024), alat yang dirancang dan dimodifikasi yang disesuaikan dengan identifikasi dan asesmen awal pada anak dengan hambatan/disabilitas memiliki fungsi untuk meningkatkan kemampuan dan dapat membantu mengembangkan aktifitas anak dengan baik akademik maupun non akademik (Arifin, dkk., 2024; Sidik dkk., 2020; Hoskin dkk., 2024). Sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan keterampilan hidup supaya bisa mandiri dan tidak bergantung dengan orang lain. Aspek fungsional ini juga menyesuaikan dengan kebutuhan masing-masing anak. Peran utama dari adanya teknologi asistif dapat digunakan sebagai akomodasi untuk memulihkan dan meningkatkan fungsi indra yang masih berfungsi pada anak yang memiliki hambatan/disabilitas (Zen dkk., 2025). Adanya teknologi asistif ini dirancang untuk memudahkan akses materi, komunikasi pekerjaan, sampai pendidikan dengan baik dan dapat membantu bagi anak yang mengalami hambatan penglihatan untuk mencapai pembelajaran yang baik pada tingkat yang sesuai (Alshabeb & Alharbi, 2019).

Teknologi Asistif ini dibutuhkan oleh tunanetra karena memiliki hambatan dalam penglihatannya. Adapun hambatan dan kebutuhan yang dihadapi oleh penyandang tunanetra adalah keterbatasan dalam pemerolehan informasi karena tidak bisa menggunakan visual maka penyandang tunanetra menggunakan sisa indra perabaan dan pendengaran (Arifin, dkk., 2024). Salah satu kebutuhan tunanetra adalah mempelajari huruf Braille supaya bisa memiliki kemampuan dasar minimal baca, tulis dan hitung dalam akademik dan memperoleh informasi yang sama pentingnya secara baik (Wagh dkk., 2016).

Braille merupakan suatu huruf dengan menggunakan kode titik dengan jumlah enam yang dapat dikombinasi dengan berbagai kode untuk membentuk lambang huruf, angka, musik, matematika, dan lain sebagainya yang diperuntukkan bagi tunanetra dalam akademik membaca, menulis, berhitung dalam proses pembelajaran (Rizky & Destya, 2022). Dampak yang dialami oleh tunanetra salah satunya karena kesulitan Orientasi dan Mobilitas (O&M) adalah kesulitan dalam memahami huruf braille. Padahal memahami huruf braille untuk menunjang akademik menjadi hal yang sangat penting bagi anak tunanetra (Rudiyati, 2010). Proses pembelajaran huruf Braille ini membutuhkan beberapa prasyarat di antaranya adalah kemampuan Orientasi & Mobilitas (O&M) (Maurya, 2018), kepekaan indra perabaan dan ujung jari telunjuk dalam meraba pola titik timbul, serta deskripsi dengan menggunakan audio (Allotey & Benedetto, 2025; Wau dkk., 2024b; Hoskin dkk., 2024a). Selain itu juga diperlukan pemahaman mengenai konsep pencerminan karena pada saat proses belajar Braille di butuhkan pemahaman orientasi arah yang berbeda ketika menulis dan membaca (Sidik dkk., 2020; Wagh dkk., 2016). Proses pembelajaran huruf Braille ini sampai saat ini masih membutuhkan dukungan alat bantu atau media yang variative (Perianto, 2018).

Namun sampai saat ini masih belum optimal dalam proses pembelajarannya karena masih bergantung dengan guru (Maslahah dkk., 2025).

Berdasarkan wawancara dan asesmen yang dilakukan kepada tunanetra yang berasal dari sekolah khusus dan beberapa guru di SKh N 2 Kota Serang sampai saat ini proses pembelajaran Braille masih terbatas dan penggunaan media yang belum optimal. Siswa masih mengalami kesulitan dalam mengenal dan memahami terutama membaca dan menulis huruf Braille. Hal ini dikarenakan siswa masih mengalami beberapa kesulitan pada saat memahami enam titik kode yang muncul di huruf Braille. Bahkan antar huruf Braille juga masih terbolak balik dalam pembelajarannya. Siswa dapat menyebutkan huruf abjad dengan baik namun tidak mampu untuk menulis atau membaca ketika menggunakan huruf Braille terutama bagian pemahaman kode titik yang muncul di Braille nya. Selain itu, juga mengalami kesulitan dalam pemahaman system pencerminan dalam penulisan huruf Braille menjadikan tunanetra kesulitan dalam memahami huruf Braille dengan baik. Masih minimnya penggunaan media dalam kegiatan pembelajaran huruf Braille. Aktivitas yang dilakukan selama ini masih terbatas kepada penggunaan metode ceramah saja sehingga menjadikan siswa mengalami kesulitan dalam memahami huruf Braille.

Urgensi penelitian ini sangat penting karena pembelajaran huruf Braille merupakan salah satu hal yang paling dibutuhkan siswa tunanetra untuk bisa menulis dan membaca dalam kegiatan pembelajaran. Apabila siswa tunanetra belum mampu mempelajari huruf Braille maka proses pembelajarannya tidak akan berjalan dengan optimal. Oleh sebab itu, diperlukan variasi dan inovasi teknologi asistif bagi tunanetra terutama dalam proses pembelajaran Braille supaya bisa membantu tunanetra. Adapun Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan inovasi Braille Apps berbasis *Universal Design for Learning* (UDL) sebagai media pembelajaran adaptif bagi Tunanetra. Inovasi teknologi asistif Braille App ini diharapkan tidak hanya memudahkan guru dalam proses pembelajaran huruf Braille tetapi siswa juga akan sangat merasakan dampak baiknya. Karena produk teknologi asistif ini dalam penggunaannya bisa fleksibel dan *reusable* bagi tunanetra karena dilengkapi dengan audio dan deskripsi dengan lengkap mengenai tata letak titik dalam membaca huruf Braille.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research & Development* (R&D) berlandaskan model ADDIE dengan lima fase yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation & Evaluation* (Oktarina, 2022). Tahapan yang lebih rinci yaitu tahap 1 melakukan identifikasi masalah pembelajaran huruf Braille, kebutuhan belajar tunanetra yang membutuhkan optimalisasi sisa indra yang masih dimiliki, menentukan tujuan dalam pembelajaran, serta menyesuaikan dengan hasil identifikasi dan asesmen anak tunanetra. Tahap ke 2 yaitu mendesain produk dengan memperhatikan hasil identifikasi dan asesmen kebutuhan belajar tunanetra dengan baik. Tahap ke 3 Pengembangan yaitu mengembangkan produk yang sesuai dengan kebutuhan dimulai dari proses storyboard, koding, penyusunan materi, buku panduan, dan lain lainnya. Tahap selanjutnya adalah implementasi dengan menerapkan dan diujicoba secara terbatas ke tunanetra dengan baik. Tahap yang terakhir adalah evaluasi dengan menilai keefektifan dan keberhasilan produk pada tahap pembelajaran huruf Braille. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari – Mei 2026 selama 5 bulan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Teknik Pengumpulan data dengan wawancara, observasi dan dokumentasi, dan juga dilanjutkan dengan uji kepakaran oleh validator ahli materi dan media. Wawancara terhadap penyandang tunanetra untuk melakukan identifikasi dan asesmen kondisi awal dan kebutuhan belajarnya. Tahap observasi dilakukan proses pengamatan dan melihat

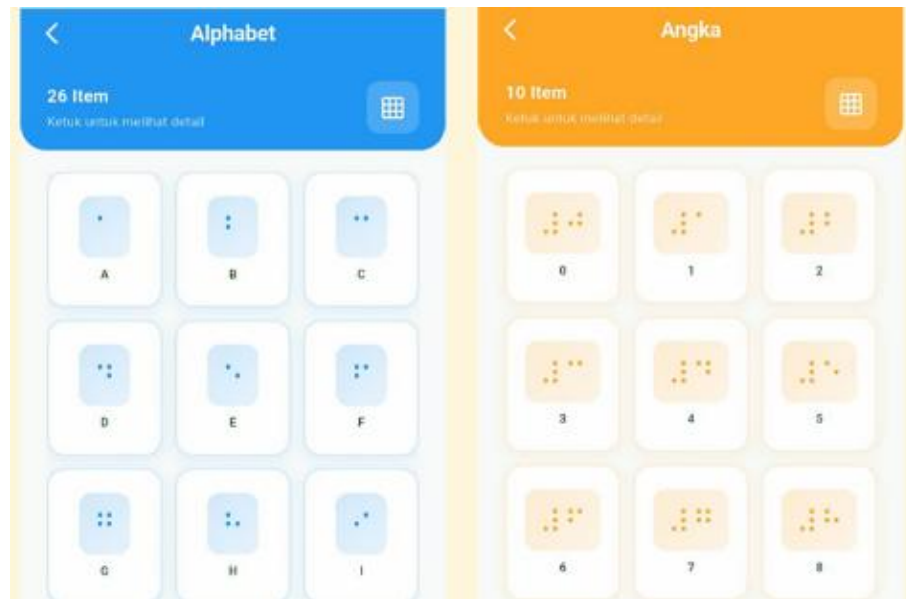
proses pembelajaran tunanetra dengan detail. Dokumentasi berupa catatan pendukung data temuan penelitian serta bukti foto (Rahayu, 2025).

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data deskriptif kualitatif dan kuantitatif dalam menginterpretasikan data yang diperoleh dari tahap-tahap penelitiannya. Data kualitatif disajikan dengan tahapan reduksi data, penyajian dan penarikan kesimpulan. Sedangkan pada data kuantitatif mengolah hasil skor akhir pengujian validasi materi dan ahli media (Oktarina, 2022). Pada penilaian validasi dari ahli media & materi ini untuk menilai produk Braille App supaya dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya/ valid. Sehingga produk dapat dilanjutkan kepada tahap uji coba terbatas kepada tunanetra dengan baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dalam pengembangan produk Braille App berdasarkan hasil identifikasi dan masalah dari tunanetra yang menyatakan bahwa selama ini masih menghadapi kendala dan kesulitan dalam mengidentifikasi dan pengenalan huruf Braille. Membaca huruf Braille tidak mudah karena memiliki banyak prasyarat yang harus dipenuhi salah satunya adalah kemampuan orientasi dan mobilitas (O & M) yang bagus, selain itu juga harus memiliki kepekaan indra peraba dan pemahaman system pencerminan yang baik, dan lain-lainnya (Sidik dkk., 2020). Proses belajar mengenai huruf Braille harus disertai juga dengan kemampuan memahami pola titik-titik timbul dengan menggunakan ujung jari telunjuk tangan karena perlu mengoptimalkan sisa indra lain yang dimiliki yaitu pendengaran dan peraba untuk mendukung kegiatan pembelajarannya (Hoskin dkk., 2024a; Suwahyo, Bayu dkk., 2022). Proses pembelajaran Braille ini membutuhkan latihan yang konsisten, bertahap, dan berulang sehingga akan mempercepat proses belajar membaca sehingga anak akan bisa belajar secara mandiri. Minimnya pengetahuan mengenai huruf Braille ini masih menyulitkan dalam proses belajar huruf Braille (Maurya, 2018; Zen dkk., 2025). Sehingga diperlukan inovasi yang memudahkan dalam proses pembelajaran huruf Braille. Minimnya inovasi pengenalan huruf Braille ini maka dibutuhkan supaya fungsi dan nilai edukatif Braille belum tersosialisasikan secara luas di masyarakat (Allotey & Benedetto, 2025; Alshabeb & Alharbi, 2019; Sidik dkk., 2020). Oleh karena itu, untuk salah satu solusi untuk membantu tunanetra dalam mengenal huruf Braille yaitu teknologi asistif yang bisa digunakan secara baik untuk belajar huruf Braille. Salah satu inovasi Teknologi Asistif Tunanetra Braille Apps berbasis Universal Design for Learning yang dikembangkan harapannya bisa menjadi sarana belajar huruf Braille secara reusable dan fleksibel tidak harus menunggu pendamping dalam proses pembelajarannya (Wagh dkk., 2016; Masalahah dkk., 2025).

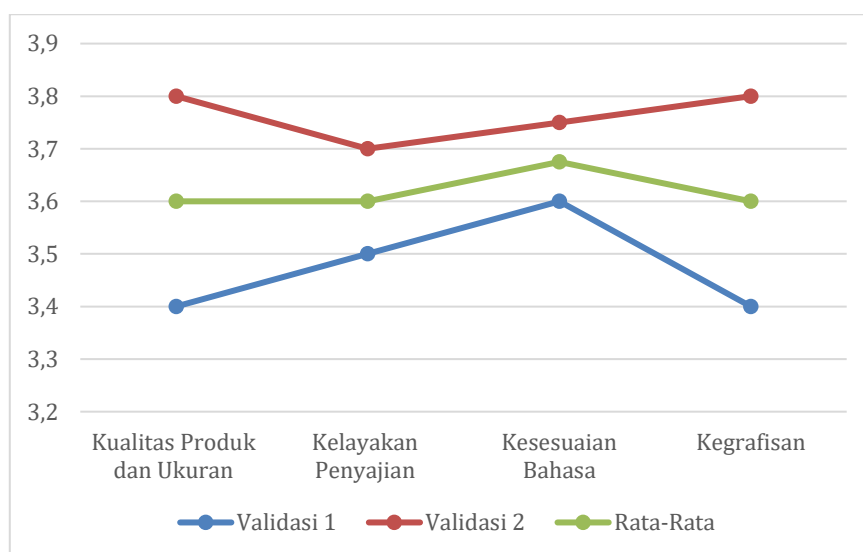
Tahap selanjutnya adalah proses design yaitu dengan pembuatan storyboard produk, kemudian mendesain lay out dari produk, tampilan dan lain-lainnya. Semua penyusunan ini didasarkan kepada tahap identifikasi dan asesmen yang disesuaikan dengan kebutuhan tunanetra. Pemanfaatan sisa indra yang masih dimiliki oleh tunanetra juga menjadi salah satu yang wajib untuk diperhatikan dalam proses penyusunan produk. Proses pembuatan storyboard juga berisi deskripsi dari alur deskripsi, pengenalan konsep, sampai kepada evaluasi, dan lain sebagainya.



Gambar 1. Tampilan penjelasan huruf Braille

Setelah tahap design selesai maka tahap setelahnya merupakan tahap *develop* (pengembangan). Pada fase pengembangan, produk yang telah dikembangkan kemudian dilakukan uji kelayakan yang melibatkan pakar ahli materi dan media. Masukan dari para validator dijadikan acuan utama dalam melakukan perbaikan dengan cara revisi produk. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa media yang dikembangkan sudah memenuhi kriteria dan siap untuk diimplementasikan di lapangan. Tahap validasi ini dilakukan kepada dosen ahli materi dan ahli media yang memiliki keahlian di bidang anak berkebutuhan khusus utamanya yang spesifik di tunanetra yaitu dosen pendidikan khusus.

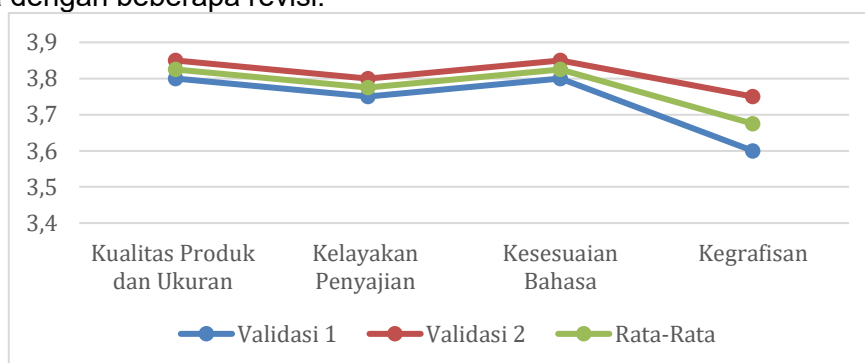
Validasi ahli media dilakukan untuk menilai dari segi lay out, kemudahan akses, design, dan lain sebagainya. Adapun hasil penilaian pada ahli media fase 1 dengan komponen penilaiannya adalah menilai kualitas produk dan ukuran, kelayakan penyajian, kesesuaian bahasa, dan juga kegrafisan dari produk yang dikembangkan.



Gambar 2. Grafik Hasil Penilaian Validasi Ahli Media Tahap 1

Hasil dari validasi media yang sudah dilakukan menunjukkan data bahwa produk teknologi asistif yang dikembangkan menunjukkan hasil sangat layak untuk diimplementasikan namun masih membutuhkan beberapa revisi yang sesuai saran dan masukan para ahli. Selain itu, validator ahli media juga menyebutkan bahwa produk ini sangat sesuai dengan hasil identifikasi dan asesmen kepada tunanetra karena sesuai dengan kebutuhan belajarnya. Hasil rerata skor yang diperoleh pada ahli media 1 dan 2 pada tahap pertama ini adalah 3,62 dengan makna sangat baik dan bisa diterapkan kepada tunanetra.

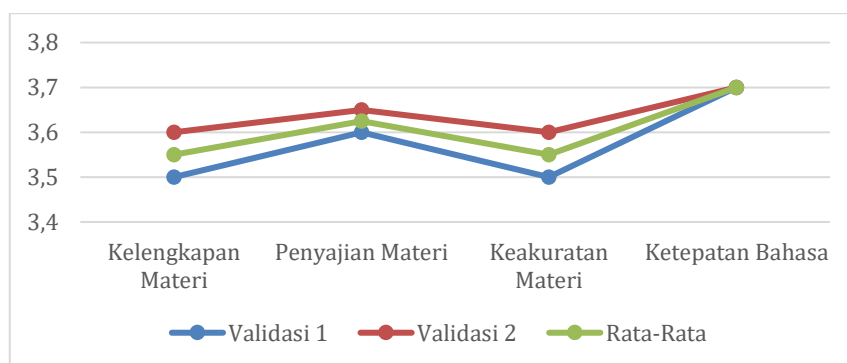
Tahap uji validasi media pada fase 2 juga diperoleh hasil tinggi. Hal ini dibuktikan dari validator ahli media 1 dan 2 pada tahap dua diperoleh skor rerata 3,775. Maknanya hasil ini terlihat bahwa skor yang sangat baik dan layak untuk diimplementasikan kepada tunanetra dengan beberapa revisi.



Gambar 3. Grafik Hasil Penilaian Validasi Ahli Media Tahap 2

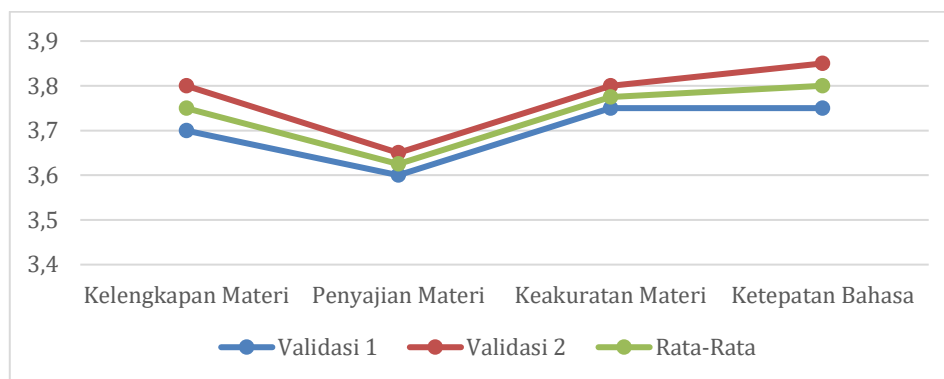
Pada validasi ahli media tahap 1 dan 2 diperoleh nilai dengan rata-rata 3,69. Hal ini menunjukkan hasil bahwa produk teknologi asistif bagi tunanetra ini sesuai dengan kebutuhan belajarnya. Hasil dari pengujian kepada validator media pada tahap 1 dan 2 ini menunjukkan bahwa teknologi asistif Braille App ini dapat dioperasionalkan secara fleksibel dan *reusable*. Sehingga dengan adanya teknologi asistif ini sangat bermanfaat bagi tunanetra atau yang memiliki hambatan penglihatan dalam mempelajari huruf Braille. Selain itu, juga dapat bermanfaat di sekolah inklusif karena pembelajaran mengenai huruf Braille menjadi tantangan tersendiri (Arifin, Misbahul.; Rahman, Abdul.; Karsidi, 2024; Ardi, 2024).

Selanjutnya adalah tahap validasi pada ahli materi. Pada tahap ini penilaian dilakukan dengan melihat dari berbagai komponen salah satunya adalah kelengkapan materi, penyajian materi, keakuratan materi dan juga ketepatan bahasa yang digunakan. Tahap uji validasi ini dilakukan kepada dosen Pendidikan Khusus yang memang ahli di bidang anak tunanetra dan Braille. Berikut ini adalah hasil pengujian pada ahli materi pada fase1 kepada 2 ahli.



Gambar 4. Grafik Hasil Validasi Ahli Materi Tahap 1

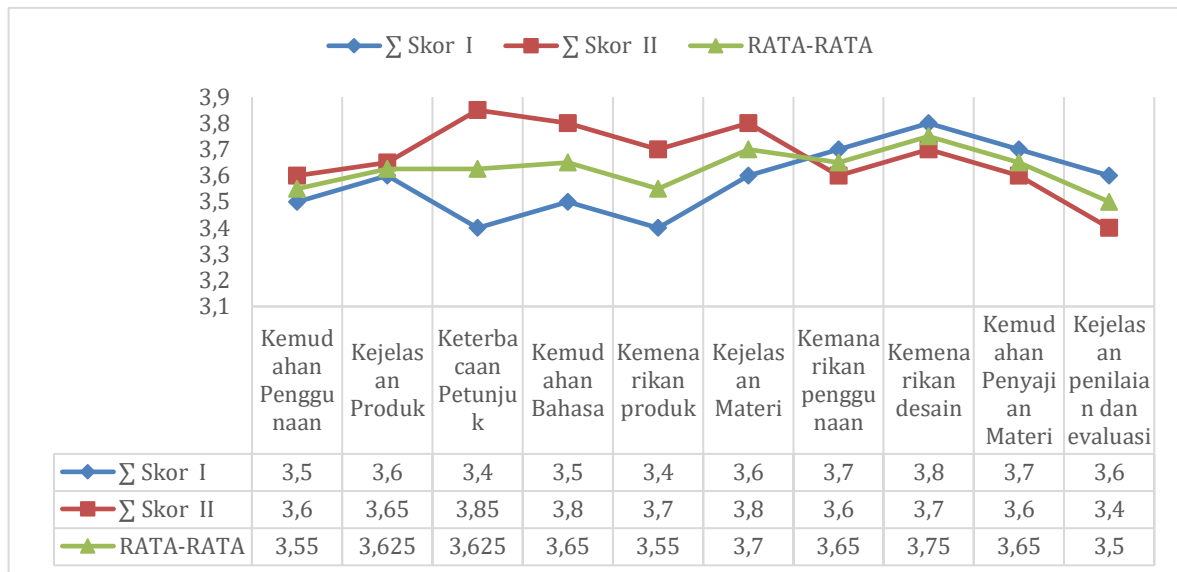
Total rerata skor validasi materi 1 & 2 pada tahap pertama ini yaitu 3,61. Hal ini menunjukkan bahwa produk teknologi asistif layak untuk diimplementasikan kepada tunanetra. Namun masih memiliki beberapa revisi yang harus disesuaikan dengan masukan dari ahli materi. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran untuk anak tunanetra dalam belajar huruf Braille sangat bagus karena selama ini rata-rata anak tunanetra dalam belajar huruf braille masih membutuhkan pendampingan dari guru (Hoskin dkk., 2024a; Suwahyo, Bayu dkk., 2022; Wau dkk., 2024b; Muliani dkk., 2024).



Gambar 5. Grafik Hasil Validasi Ahli Materi Tahap 2

Pengujian validasi pada tahap 2 ini diperoleh hasil sangat layak untuk diimplementasikan dengan skor akhir 3,73. Materi ini juga sudah menyesuaikan dengan hasil dari identifikasi dan asesmen awal untuk melihat kondisi kebutuhan belajar tunanetra. Karena biasanya tunanetra dalam pembelajaran Braille membutuhkan pendamping ataupun guru untuk membantu menjelaskan. Sehingga tunanetra mengalami kesulitan ketika sudah sampai di rumah dan sudah melakukan aktifitas sepulang sekolah. Akumulasi tahap 1 dan tahap 2 dalam uji validasi kepada ahli materi 1 dan 2 didapatkan hasil skor rerata 3,67 dengan makna akumulasi hasilnya adalah sangat baik dan layak untuk di ujicoba kepada tunanetra.

Produk teknologi asistif ini memperoleh kategori sangat layak dan siap di ujicoba ke tunanetra berdasarkan perolehan hasil akumulasi baik dari ahli media maupun ahli materi. Berdasarkan hasil uji coba ini juga diperoleh dengan adanya pemanfaatan teknologi lebih memudahkan tunanetra dalam proses pembelajaran. Teknologi asistif ini juga disajikan dengan praktis karena menggunakan perangkat lunak sehingga tunanetra dapat menggunakan secara fleksibel. Proses pengembangan produk ini juga selalu memperhatikan karakteristik dan kebutuhan tunanetra sehingga aksesibel digunakan sehari-hari. Adapun hasil akumulasi pada tahap uji coba adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Uji Coba

Pada tahap uji coba diperoleh hasil rata-rata skor nya adalah 3,625 dengan makna produk teknologi asistif sangat baik dan layak untuk digunakan oleh tunanetra. Penilaian ini dilakukan dengan memperhatikan kondisi dan kebutuhan tunanetra. Produk ini sangat bermanfaat bagi tunanetra karena bisa menjadi salah satu alat bantu belajar huruf braille yang bisa diakses dengan mudah, reusable, dan flesible. Sehingga harapannya bisa meningkatkan kemandirian tunanetra dalam pembelajaran huruf Braille dengan baik (Damastuti, 2021; Eko Julianto Wibowo, 2026; Hermawanto dkk., 2019). Selain itu, dengan adanya penerapan teknologi bantu ini dapat membantu sekali tunanetra (Sidik dkk., 2020; Alisyafiq, 2014). Hal ini karena teknologi asistif ini bisa digunakan untuk membantu, mendukung serta melatih tunanetra dalam melakukan aktifitas belajar dan aktifitas sehari-hari (Herviani dkk., 2022)

Berdasarkan hasil produk yang telah dikembangkan dapat membantu tunanetra dalam mempelajari huruf Braille. Penggunaan teknologi asistif ini dapat memberikan kemudahan bagi tunanetra dalam mempelajari kode titik yang ada di huruf Braille (Amrulloh & Najaah, 2022; Mardiyah & Marlina, 2024; Reteena dkk., 2019). Pengetahuan huruf Braille menjadi hal yang penting bagi tunanetra karena berperan sebagai media yang penting dalam transformasi pengetahuan dalam pembelajaran yang lengkap (Hoskin dkk., 2024c; Manirajee dkk., 2024; Silman dkk., 2017). Hal yang harus dikuasai oleh anak tunanetra dan prasyarat yang harus dimiliki sebelum menguasaidan memahami huruf Braille maka harus memiliki Orientasi dan Mobilitas (O & M) yang baik, respon kepekaan indra peraba yang bagus, dan memahami simbol titik huruf Braille (Abirami dkk., 2018; Gikandi dkk., 2025; Mardiyah & Marlina, 2024; Tisnawati dkk., 2022). Oleh sebab itu, dalam pembelajaran huruf Braille ini dapat menggunakan produk teknologi asistif Braille App sebagai upaya memudahkan tunanetra dalam proses mengenal & memahami belajar huruf Braille dengan baik.

SIMPULAN

Simpulan dalam penelitian ini adalah menghasilkan produk teknologi asistif *Braille App* berbasis *Universal Design for Learning (UDL)* bagi tunanetra dalam pengenalan huruf Braille. Berdasarkan akumulasi hasil nilai dari validasi media, materi dan implementasi uji coba terbatas, inovasi teknologi asistif ini terbukti efektif dan representatif untuk media pengenalan Braille dasar bagi tunanetra. Adapun hasil penilaian validasi media menunjukkan nilai pada tahap 1 & 2 diperoleh hasil 3,69 hal ini

berarti produk dikategorikan sangat layak. Hasil rerata validasi materi tahap 1 & 2 diperoleh hasil 3,67 hal ini juga berarti produk dikategorikan sangat layak. Selain itu, data pada tahap ujicoba juga diperoleh hasil yang sangat baik dengan rerata skor 3,625 dengan makna produk ini sangat sesuai dan baik untuk diterapkan bagi tunanetra dalam pembelajaran huruf Braille.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi asistif berbasis UDL dapat mendorong aksesibilitas dan mampu meningkatkan kemandirian belajar anak tunanetra sekaligus meminimalkan ketergantungan tunanetra terhadap pendampingan dari pendidik. Prinsip UDL yang digunakan melalui output audio secara deskriptif yang merepresentasikan konfigurasi 6 titik Braille. Selain itu, harapannya juga bisa membantu terwujudnya kesetaraan aksesibilitas bagi tunanetra baik pada lingkup sekolah inklusif maupun sekolah luar biasa. Berdasarkan implikasi tersebut disarankan bagi praktisi pendidikan inklusif untuk mengimplementasikan teknologi asistif Braille App ini sebagai media pendukung pembelajaran Braille Dasar. Selain itu, peneliti selanjutnya direkomendasikan untuk memperluas skala uji coba ke populasi siswa tunanetra yang lebih luas supaya generalisasi hasil riset dapat ditingkatkan. Terakhir, pengembangan riset mendatang disarankan untuk menambah variasi fitur interaktif dan cakupan materi Braille yang lebih kompleks guna mengakomodasi kebutuhan belajar tingkat lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga atas dukungan penuh dari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Rektor Untirta. Selain itu, terima kasih juga turut kami sampaikan kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Dekan FKIP, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM Untirta), Ketua LPPM, Jurusan Pendidikan Khusus dan Jurusan Pendidikan Sejarah serta para mahasiswa atas mendukung peneliti sehingga mendapatkan Hibah Internal PMM Untirta Skim Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2026.

DAFTAR PUSTAKA

- Abirami, N., Dharsana, K. S., Ragav, R. A., & Saranya, K. (2018). *Braille Learning System for Blind People*. 3(2), 864–867.
- Alisyafiq, Shidqie. ; et al. (2014). Implementasi Multimedia Development Life Cycle Pada Aplikasi Pembelajaran Multimedia Interaktif Algoritma dan Pemrograman Dasar Untuk Mahasiswa Berkebutuhan Khusus Berbasis Android. *Jurnal Pendidikan Kebutuhan Khusus*, 7(2), 107–115.
- Allotey, G. A., & Benedetto, D. P. (2025). Beyond Braille: A Systematic Review of Assistive Technologies and Inclusive Pedagogy in STEM Higher Education for Students with Visual Impairments. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 21(1).
- Alshabeb, A. M., & Alharbi, O. (2019). Critical analysis of the benefits and drawbacks of assistive technology with special needs. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 6(8), 210–215.
- Amrulloh, M., & Najaah, L. S. (2022). Abba Braille (Alat Bantu Belajar Dan Membaca Braille) Sebagai Inovasi Alat Bantu Untuk Belajar Dan Membaca Huruf Braille Secara Mandiri. *Inisiasi Journal*, 11(2), 115–120. <https://doi.org/10.59344/inisiasi.v11i2.49>
- Ardi, Suratman. ;Hilmi I. (2024). Pendidikan Inklusif dan Teknologi Asistif: Optimalisasi Media Digital untuk Siswa Berkebutuhan Khusus. *MANDALA WIDYA: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 2, 306–312.
- Arifin, Misbahul.; Rahman, Abdul.; Karsidi, Ravik. (2024). Dampak Pengembangan Teknologi Asistif terhadap Layanan Pendidikan Berbasis IPTEK bagi Individu

- Tunanetra. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 13(1), 33–40. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v13i1.73684>
- Damastuti, E. (2021). *Teknologi Asistif*. CV. IRDH.
- Eko Julianto Wibowo, N. N. (2026). Aksesibilitas Ibadah bagi Tunanetra : Pengembangan Teknologi Asistif Berbasis Artificial Intelligence dalam Perspektif Fikih. *Al Masjid: Jurnal Pendidikan Islam*, 2(1), 77–87.
- Gikandi, J., Kimaru, S., Mwangi, J., & Mugwe, M. (2025). Assessment of the Benefits and Challenges of Digital Braille Assistive Devices in Promoting Inclusivity of Learners with Visual Impairment in Kenya. *Acitya: Journal of Teaching and Education*, 7(2), 285–316. <https://doi.org/10.30650/ajte.v7i2.4482>
- Hermawanto, F., Sabiku, S. A., & Dai, M. (2019). Aplikasi Pembaca Tunanetra Menggunakan Smartphone Android. *Jurnal Teknologi Informasi Indonesia (JTII)*, 4(1), 40–47. <https://doi.org/10.30869/jtii.v4i1.375>
- Herviani, V. K., Kuncahyono, K., Suwandayani, B. I., Restian, A., Deviana, T., & Arifin, B. (2022). Pengembangan Teknologi Asistif “Dif-Able Apps” Untuk Mahasiswa dengan Hambatan Penglihatan dan Pendengaran. *Jurnal Pendidikan Kebutuhan Khusus*, 6(1), 42–48. <https://doi.org/10.24036/jpkk.v6i1.617>
- Hoskin, E. R., Coyne, M. K., White, M. J., Dobri, S. C. D., Davies, T. C., & Pinder, S. D. (2024a). Effectiveness of technology for braille literacy education for children: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 19(1), 120–130. <https://doi.org/10.1080/17483107.2022.2070676>
- Manirajee, L., Hanis Shariff, S. Q., & Mohd Rashid, S. M. (2024). Assistive Technology for Visually Impaired Individuals: A Systematic Literature Review (SLR). *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(2), 596–611. <https://doi.org/10.6007/ijarbs/v14-i2/20827>
- Mardiyah, A., & Marlina, M. (2024). Pengembangan Media Braille Button bagi Anak Tunanetra. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(5), 6024–6034. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i5.7643>
- Maslahah, Sayidatul., Fatkhurrohman., M., Fajriyah, Meyrizka., & Atsari, A. Al. (2025). Inovasi Teknologi Asistif Deteksi Arah, Jarak, Bahaya, Gmaps Berbasis. *Jurnal UNIK Pendidikan Luar Biasa*, 10(1), 67–76.
- Maurya, H. (2018). Assistive Technology for Students With Visual Impairment in Inclusive Education. *INCLUSION: Cross-Cultural Reflections on Policies, Practices and Approaches*, (2005), 105–110.
- Muliani, T., Murtadlo, M., & Widajati, W. (2024). Meningkatkan Keterampilan Penguasaan Micro Soft Word Peserta Didik Tunanetra Dengan Media Tutorial Audio. *Jurnal Wahana Pendidikan*, 11(2), 369. <https://doi.org/10.25157/jwp.v11i2.13759>
- Oktarina, S. (2022). *Buku Pengembangan Model Pembelajaran Dalam Research and Development (R N D)*. Bening media Publishing.
- Perianto E. (2018). View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk. *Elementary School*, 011(20), 219–230.
- Rahayu, A. (2025). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) : Pengertian, Jenis dan Tahapan. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(3), 459–470. <https://doi.org/10.54259/diajar.v4i3.5092>
- Reteena, P., Pembelajaran, M., Buku, M., & Inklusif, S. (2019). Pengembangan RETEENA (The Reader for Tunanetra): Media Pembelajaran berbasis Mobile Learning sebagai Upaya mempermudah Membaca Buku pada Tunanetra di Sekolah Inklusif. *LoroNG Jurnal*, 8(1), 29–36.
- Rudiyati, S. (2010). Pengembangan Dan Pengelolaan Program Pendidikan Individual “Individualized Educational Program”/IEP Bagi Anak Berkelainan Di Sekolah Inklusif. Dalam *Jurnal Pendidikan Khusus* (Vol. 6, Nomor 1, hlm. 54–64).

- Sani, Y., & Herlina, H. (2016). Pengembangan program keterampilan vokasional untuk meningkatkan produktifitas kerja bagi anak tunarungu di slb n bekasi Jaya. *Jurnal Pendidikan Kebutuhan Khusus*, 2(2), 63–68.
- Sidik, S. A., Mulia, D., Listyaningtyas, R., Sundari, S., & Sodikin, D. N. (2020). Penerapan Low Cost Assistive Technology Untuk Peningkatan Kemampuan Orientasi dan Mobilitas Penyandang Tunanetra. *Jurnal UNIK Pendidikan Luar Biasa*, 4(25), 49–59.
- Silman, F., Yaran, H., & Karanfiller, T. (2017). Use of assistive technology for teaching-learning and administrative processes for the visually impaired people. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4805–4813. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00945a>
- Suwahyo, Bayu, W., Setyosari, P., & Praherdhio. (2022). Pemanfaatan Teknologi Asistif Dalam Pendidikan Inklusif. *Edcomtech: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 7(1), 51. <https://doi.org/10.17977/um039v7i12022p055>
- Tisnawati, N. F., Yulianti, & Endang Purbaningrum. (2022). Braille Innovation Technology in Teaching and Learning Process For Visual Impairment. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(2), 224–235. <https://doi.org/10.21009/jtp.v24i2.24971>
- Wagh, P., Prajapati, U., Shinde, M., Salunke, P., Chaskar, V., Telavane, S., & Yadav, V. (2016). E-Braille-a self-learning Braille device. *2016 22nd National Conference on Communication, NCC 2016*. <https://doi.org/10.1109/NCC.2016.7561162>
- Wau, M. P., Kale, D. E., Tuna, M., Meo, M., Nono, U., & Ito, Y. K. (2024a). Penggunaan Media Braille Untuk Anak Tunanetra Di Slbn Bajawa. *Jurnal Pendidikan Inklusi Citra Bakti*, 2(2), 166–173. <https://doi.org/10.38048/jpicb.v2i2.4379>
- Zen, L. F., Rachim, H. A., & Apsari, N. C. (2025). Penggunaan Teknologi Asistif : Peningkatan Kemandirian Penyandang Disabilitas Fisik. *Share : Social Work Journal*, 14(2), 135–147. <https://doi.org/10.24198/share.v14i2.52420>