

Pengembangan R-ETA : Real-time Electronic Travel Aids Dengan Sistem Deteksi Objek 3 Dimensi dan Sistem Pemantauan Jarak Jauh untuk Tunanetra

Andreas Wegiq Adia Hendix¹, Dwi Maryono², Yusfia Hafid Aristyagama ^{*3}

^{1,2,3}Department of Informatics Education, Sebelas Maret University

Article Info

ABSTRAK

Walaupun hingga saat ini long cane merupakan travel aids tunanetra paling praktis dan terjangkau untuk digunakan. Namun untuk melakukan aktivitas mobilitas yang mendekati ideal maka dibutuhkan teknologi asistif yang dapat mendeteksi berbagai penghalang dengan cepat secara real-time. Teknologi yang mendukung dalam deteksi penghalang secara real-time dan dapat digunakan dalam indoor maupun outdoor dengan kemampuan untuk mendeteksi penghalang secara 360° dan 3 dimensi adalah dengan menggunakan kombinasi teknologi lidar 360° dan RGB-D sensors. peneliti dalam penelitian dan pengembangan ini akan membuat sebuah ETA yang memanfaatkan kombinasi lidar 360° dan RGB-D sensor untuk membangun sistem deteksi penghalang yang dapat mendeteksi penghalang secara 360°, 3 dimensi, dan real-time agar membuat kegiatan navigasi tunanetra menjadi lebih sederhana, aman, dan nyaman. Dilengkapi dengan sistem pemantauan jarak jauh yang dapat digunakan melalui aplikasi android oleh pemandu awas untuk mengawasi pergerakan dan penghalang disekeliling tunanetra.

Keywords: electronic travel aids; sistem deteksi objek; teknologi asistif

DOI: <https://doi.org/10.20961/joive.v4i2.53355>

Corresponding Author:

Andreas Wegiq Adia Hendix,
Departement of Informatics
Education,
Sebelas Maret University,
Jl Ahmad Yani, no 200,
Pabelan, Kartasura, Surakarta,
Jawa Tengah, 57169, Indonesia.
Email:
mostoplesam@student.uns.ac.id

1. PENDAHULUAN

Biasanya tunanetra menggunakan teknologi asistif untuk membantu mereka dalam melakukan kegiatan mobilitas, teknologi asistif yang paling sering digunakan oleh tunanetra adalah walking cane/white cane/long cane. Produk teknologi asistif tersebut banyak dan umum digunakan oleh peyandang tunanetra karena reliable dan praktis digunakan sebagai travel aids. Long cane bekerja sebagai perpanjangan indra peraba tunanetra yang memberikan informasi tactile agar bisa merasakan sekitarnya terutama merasakan permukaan dan mendeteksi obstacle disekitarnya [1] Sebagai tambahan juga berguna untuk mengisyaratkan kepada orang-orang disekitarnya bahwa pengguna adalah tunanetra [2] Dengan latihan orientasi dan mobilitas, tunanetra dapat memaksimalkan penggunaan long cane. Disamping itu tunanetra juga dapat ditemani oleh pendamping awas untuk melakukan aktivitas outdoor.

Walaupun hingga saat ini long cane merupakan travel aids tunanetra paling praktis dan terjangkau untuk digunakan. Namun untuk melakukan aktivitas mobilitas yang mendekati ideal maka dibutuhkan teknologi asistif yang dapat mendeteksi berbagai penghalang dengan cepat secara real-time. Long cane sebagai teknologi asistif konvensional (teknologi bantu tanpa komponen elektronik), terbatas pada jangkauan dan area perabaan pendeteksian penghalang. Selain itu long cane ditujukan untuk meraba di permukaan, tidak cocok digunakan untuk mendeteksi penghalang yang menggantung dan melayang. Dibandingkan dengan penggunaan ultrasound-based electronic long cane yang dapat mendeteksi sekitar rata-rata 79% penghalang melayang [1]

Keberhasilan ultrasound-based electronic long cane dalam mendeteksi objek melayang yang tidak bisa dideteksi oleh long cane merupakan salah satu manfaat dari pengembangan teknologi asistif penglihatan kategori Electronic Travel Aids (ETA). ETA sendiri merupakan assistant device untuk membantu tunanetra menghindari penghalang, fitur yang dimiliki mampu untuk meningkatkan jarak deteksi penghalang sehingga bermanfaat untuk membuat kegiatan navigasi menjadi aman, simple, dan nyaman [3]. Ada berbagai teknik

pengembangan deteksi penghalang pada ETA yang umum digunakan oleh para peneliti yaitu camera based, sensors based, camera and sensors based, RFID based, dan RGB-D based. Setidaknya merujuk pada penelitian Kaur dan Garg [4] berdasarkan audit terhadap ETA sebanyak 26 camera based, 26 sensors based, 20 camera and sensors based, 7 RFID based, dan 11 RGB-D based ditemukan bahwa masih dibutuhkan peningkatan pada sebagian sistem ETA yang telah dikembangkan agar dapat digunakan secara real-time dalam situasi ramai tanpa mengurangi akurasi deteksi penghalang. Memang sebagian peneliti sudah mengembangkan fitur ETA yang real-time, namun kebanyakan hanya mendukung salah satu jenis tempat yaitu indoor atau outdoor.

Teknologi yang mendukung dalam deteksi penghalang secara real-time dan dapat digunakan dalam indoor maupun outdoor dengan kemampuan untuk mendeteksi penghalang secara 360° dan 3 dimensi adalah dengan menggunakan kombinasi teknologi lidar 360° dan RGB-D sensors. Sejauh ini belum ditemukan pengembangan ETA yang menggabungkan kedua teknologi tersebut, namun ada beberapa penelitian serupa yang dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi lidar 360° kombinasi dengan kamera sebagai klasifikasi objek [5].

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti dalam penelitian dan pengembangan ini akan membuat sebuah ETA yang memanfaatkan kombinasi lidar 360° dan RGB-D sensor untuk membangun sistem deteksi penghalang yang dapat mendeteksi penghalang secara 360°, 3 dimensi, dan real-time agar membuat kegiatan navigasi tunanetra menjadi lebih sederhana, aman, dan nyaman. Dilengkapi dengan sistem pemantauan jarak jauh yang dapat digunakan melalui aplikasi android oleh pemandu awas untuk mengawasi pergerakan dan penghalang disekeliling tunanetra.

2. METODE PENELITIAN

Metode research and development (R&D) digunakan sebagai metode penelitian dalam penelitian ini. Metode ini merupakan metode penelitian yang bertujuan bukan untuk mengelaborasi dan mengimplementasikan intervensi lengkap, namun bertujuan untuk membuat prototip yang memenuhi kebutuhan dan aspirasi yang inovatif [6]. Proses nya terdiri dari analisis, desain, evaluasi, dan revisi aktivitas yang dilakukan secara berulang hingga tercapai keseimbangan antara target ideal dengan realisasi yang telah dicapai.

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan model penelitian penelitian dan pengembangan Sugiyono [7] yang terdiri dari 10 langkah, yaitu (1) Potensi dan Masalah, (2) Pengumpulan data, (3) Desain produk, (4) Validasi desain, (5). Revisi desain, (6) Ujicoba produk, (7) Revisi produk, (8), Ujicoba pemakaian, dan (9) Revisi produk final.

Pengambil sample dilakukan dengan menggunakan teknik random sampling, pengambilan sample dilakukan pada tahap pengujian. Sampel yang diambil berasal dari anggota YAKETUNTRA Surakarta yang mengalami kebutaan total. Jumlah sample yang diambil adalah sebanyak 2 partisipan pada pengujian pertama, pada pengujian kedua melibatkan sebanyak 3 partisipan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini akan menggunakan 2 teknik yaitu kuesioner, kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan instrumen SUS untuk mengetahui tingkat kegunaan dari R-ETA. Kemudian teknik yang kedua adalah dokumentasi, dokumentasi dilakukan untuk mendokumentasikan setiap tahap pengembangan dan proses dalam penelitian ini.

Sedangkan untuk melakukan uji validitas produk, perlu dipersiapkan terlebih dahulu angket yang akan digunakan untuk melakukan uji validitas. Angket pun perlu dilakukan uji validitas. Uji validitas angket validasi ahli teknologi bantu R-ETA dilakukan dengan menggunakan teknik validitas konstruk, validitas konstruk sendiri menurut Sugiyono [7] merupakan validitas yang menggunakan pendapat para ahli untuk memvalidasi aspek-aspek yang akan digunakan di dalam instrumen atau angket. Berikut di bawah ini merupakan butir-butir pernyataan dari angket validasi teknologi asistif R-ETA.

Tabel 1. Butir-butir pernyataan angket validasi teknologi asistif

No	Pernyataan	skor			
		1	2	3	4
1	Kualitas Bahan				
2	Menarik				
3	Tidak merepotkan				
4	Simple				
5	Memberi kemudahan dalam orientasi medan dan berpindah tempat				
6	Akurasi mendeteksi jumlah medan/objek				

- 7 Akurasi mendeteksi jarak medan/objek
- 8 Akurasi mendeteksi posisi medan/objek
- 9 Mempercepat mobilitas/berpindah tempat
- 10 Memberi informasi yang jelas/tidak membingungkan
- 11 Ketersediaan pedoman penggunaan
- 12 Aksesibel
- 13 Fleksibel
- 14 Portable
- 15 Maintainable
- 16 User Friendly
- 17 Compatible

Setelah dilakukan uji validitas pada angket tersebut maka angket di atas dapat digunakan untuk memvalidasi teknologi asistif R-ETA. Teknik analisis dapat dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu skor ideal tertinggi (ST), skor ideal terendah (SR), mean (Mi), dan standar deviasi ideal (SDi). Keempat nilai tersebut ditentukan untuk mencari kriteria nilai dengan rumus sebagai berikut ini :

Tabel 2. Kriteria penilaian teknologi asistif

Kriteria	Keterangan
$Mi + 1,5 SDi < X$	Sangat layak tanpa revisi
$Mi + 0,5 SDi < X \leq Mi + 1,5 SDi$	Layak dengan sedikit revisi
$Mi - 0,5 SDi < X \leq Mi + 0,5 SDi$	Cukup layak dengan revisi sedang
$Mi - 1,5 SDi < X \leq Mi - 0,5 SDi$	Kurang layak dengan banyak revisi
$X \leq Mi - 1,5 SDi$	Tidak layak

Untuk mencari skor ideal tertinggi (ST), skor ideal terendah (SR), mean (Mi), dan standar deviasi ideal (SDi), dapat menggunakan rumus di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 ST &= 4 \times n \\
 SR &= 1 \times n \\
 Mi &= 1/2 (ST + SR) \\
 SDi &= 1/6 (ST - SR)
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk ST, SR, SDi, dan Mi bernilai :

Tabel 3. Item-item skor angket validasi teknologi asistif

Item	Rumus	Nilai
ST	$4 \times 17 = 68$	68
SR	$1 \times 17 = 17$	17
Mi	$1/2 (68+17)$	42,5
SDi	$1/6 (68-17)$	8,5

Selain angket tersebut, uji validitas juga dilakukan pada angket Sytem Usability Scale (SUS) yang berfungsi untuk mengukur tingkat kegunaan dari teknologi asistif yang dikembangkan. Angket SUS nantinya akan diisi oleh partisipan tunanetra, sehingga sebelum dapat digunakan oleh mereka, maka perlu dilakukan validasi terlebih dahulu. Berikut di bawah ini merupakan butir-butir pernyataan pada angket validasi ahli R-ETA.

Tabel 4. Butir-butir pernyataan angket SUS

No	Pernyataan	Skala				
		STS	TS	RG	ST	SS
1	Saya pikir saya akan sering menggunakan teknologi bantu ini					

- 2 Saya merasa teknologi bantu ini rumit untuk digunakan
- 3 Saya pikir teknologi bantu ini dapat digunakan dengan mudah
- 4 Saya pikir saya akan membutuhkan bantuan teknis dari seseorang untuk dapat menggunakan teknologi bantu ini
- 5 Saya merasa fitur-fitur alat bantu ini berjalan dengan semestinya
- 6 Saya merasa ada banyak hal yang tidak serasi dalam alat bantu ini
- 7 Saya membayangkan kebanyakan orang akan mempelajari dengan cepat teknologi bantu ini
- 8 Saya merasa teknologi bantu ini membingungkan
- 9 Saya merasakan percaya diri ketika menggunakan teknologi bantu ini
- 10 Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan alat bantu ini

Sedangkan untuk melakukan analisis data yang dikumpulkan dengan menggunakan angket SUS, teknik analisis yang digunakan menggunakan analisis skor SUS dengan rumus sebagai berikut ini :

$$SUS = [\sum (Scores_{OddNumbers} - 1) + \sum (5 - Scores_{EvenNumbers})] * 2.5$$

Untuk menggunakan rumus diatas, dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut ini :

- a. Untuk setiap pernyataan bernomor ganjil, kurangi 1 dari skor (X-1)
- b. Untuk setiap pernyataan bernomor genap, kurangi nilainya dari 5 (5-X)
- c. Jumlahkan nilai-nilai dari pernyataan bernomor genap dan bernomor ganjil
- d. Kemudian hasil penjumlahan skor dikalikan dengan 2.5
- e. Interpretasikan skor dengan tabel interpretasi di bawah ini

Nilai SUS yang dihasilkan dari 10 pernyataan tersebut kemudian dapat diinterpretasikan kedalam bentuk huruf A sampai E dengan keterangan sebagai berikut ini :

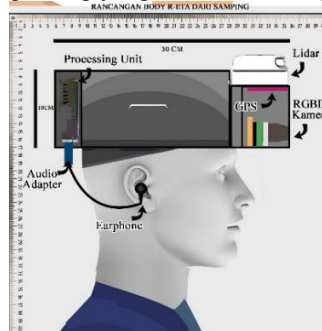
Tabel 5. Butir-butir interpretasi hasil angket SUS

Skor	Grade	Keterangan
> 80.3	A	Sangat Baik
68 – 80.3	B	Baik
68	C	Cukup Baik
51 - 68	D	Kurang Baik
< 51	E	Sangat Kurang Baik

Kemudian untuk uji validitas teknologi bantu R-ETA dilakukan dengan menggunakan validasi desain, validasi desain sendiri dapat dilakukan dengan mendatangkan para ahli untuk menilai. Disediakan juga angket khusus untuk *expert judgment*. Untuk keperluan validasi pada aplikasi pemantauan jarak jauh, dilakukan validasi fungsional dengan menggunakan Teknik *black box testing*. Validasi fungsional dilakukan oleh 2 ahli pemrograman. Tujuan dari validasi fungsional adalah untuk memastikan keberjalanan setiap fungsi dari aplikasi.

3. HASIL DAN ANALISIS

Bentuk dasar dari R-ETA berbentuk helm, dasar pertimbangan menggunakan bentuk helm untuk R-ETA adalah karena dapat memposisikan sensor lidar berada di bagian paling atas helm untuk dapat melakukan fungsi pemetaan ruangan. Selain itu juga dapat memposisikan sensor RGBD berada di bagian dekat mata, penempatan RGBD sensor berada di dekat mata bertujuan agar sensor dapat mempunyai pandangan yang lebih luas dan bebas hambatan. Agar semakin presisi penghalang yang terdeteksi di depan pengguna.



Gambar 1. Effects of selecting different switching under dynamic condition

Dengan berdasarkan pada blueprint di atas maka dihasilkan R-ETA dengan wujud di bawah ini :



Gambar 2. Effects of selecting different switching under dynamic condition

Aplikasi pemantauan jarak jauh mempunyai tujuan utama berguna untuk memantau aktivitas pengguna R-ETA, aktivitas pengguna dapat dipantau melalui fitur pemantauan objek di sekitar pengguna, fitur pemantauan pergerakan pengguna melalui maps, dan fitur pemantauan kondisi di depan tunanetra secara langsung melalui livestream. Selain itu juga terdapat fitur login untuk member R-ETA dapat mengakses fitur-fitur yang ada di dalam aplikasi. Secara keseluruhan fitur-fitur dari aplikasi Pemantauan Jarak Jauh R-ETA terdapat fitur-fitur di bawah ini :

- 1) Login akun
- 2) Pendaftaran akun
- 3) Pemantauan lokasi
- 4) Pemantauan objek
- 5) Pemantauan langsung
- 6) Informasi panduan penmggunaan
- 7) Informasi tentang aplikasi
- 8) Informasi akun

3.1. HASIL

Hasil yang dicapai berupa telah divalidasinya produk atau teknologi asistif R-ETA dengan berdasarkan validasi yang dilakukan oleh ahli elektronika & instrumentasi dan ahli pendidikan luar biasa. Menghasilkan skor dengan kesimpulan yang sama yaitu amat layak digunakan. Dengan beberapa saran dari ahli elektronika & instrumentasi untuk meningkatkan kenyamanan dan keindahan teknologi asistif.

Sedangkan pada aplikasi, dilakukan validasi fungsional dengan hasil perlu dilakukan beberapa perbaikan pada halaman login, halaman verifikasi, halaman registrasi, halaman home, dan halaman livestream.

Setelah Teknologi asistif dan aplikasi siap, maka selanjutnya dilakukan pengujian tahap pertama secara langsung dengan melibatkan dua partisipan. Berikut hasil yang didapatkan :

Tabel 6. Hasil uji coba teknologi asistif tahap pertama partisipan pertama

Pengujian	Jarak Penempatan Tiang dari Partisipan	Hasil
Pertama	5 meter	Tidak berhasil
Kedua	3 meter	Berhasil
Ketiga	4 meter	Berhasil
Keempat	3 meter	Tidak berhasil

Tabel 7. Hasil uji coba teknologi asistif tahap pertama partisipan kedua

Pengujian	Jarak Penempatan Tiang dari Partisipan	Hasil
Pertama	5 meter	Tidak berhasil
Kedua	3 meter	Berhasil
Ketiga	4 meter	Berhasil
Keempat	3 meter	Tidak berhasil

Sedangkan pada pengujian tahap kedua melibatkan tiga orang partisipan dengan hasil sebagai berikut ini :

Tabel 8. Hasil uji coba teknologi asistif tahap kedua partisipan pertama

Pengujian	Jarak Penempatan Tiang dari Partisipan	Hasil
Pertama	5 meter	Berhasil
Kedua	3 meter	Berhasil
Ketiga	4 meter	Berhasil

Keempat 3 meter Tidak berhasil

Berdasarkan data observasi di atas, dari 4 kali pengujian untuk pengujian dengan menggunakan tiang penghalang D tidak berhasil terdeteksi oleh teknologi asistif dan partisipan menabrak tiang penghalang tersebut.

Lalu pengujian dilanjutkan dengan partisipan kedua. Hasil pengujian tahap kedua untuk partisipan kedua adalah sebagai berikut ini :

Tabel 9. Hasil uji coba teknologi asistif tahap kedua partisipan kedua

Pengujian	Jarak Penempatan Tiang dari Partisipan	Hasil
Pertama	5 meter	Berhasil
Kedua	3 meter	Berhasil
Ketiga	4 meter	Berhasil
Keempat	3 meter	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian di atas, keempat pengujian berhasil dilakukan dengan hasil teknologi asistif dapat mendeteksi keempat tiang penghalang. Dengan catatan untuk penghalang D walaupun sudah dapat dihindari oleh partisipan namun partisipan masih belum menghindarinya dengan sempurna. Pengujian terakhir dilakukan oleh partisipan ketiga. Hasil pengujian tahap kedua untuk partisipan ketiga adalah sebagai berikut ini :

Tabel 10. Hasil uji coba teknologi asistif tahap kedua partisipan ketiga

Pengujian	Jarak Penempatan Tiang dari Partisipan	Hasil
Pertama	5 meter	Berhasil
Kedua	3 meter	Berhasil
Ketiga	4 meter	Berhasil
Keempat	3 meter	Tidak berhasil

Hasil pengujian yang dilakukan oleh partisipan ketiga menghasilkan hasil yang sama dengan pengujian yang dilakukan oleh partisipan pertama, yaitu tiang penghalang D masih belum terdeteksi dengan sempurna sehingga partisipan masih belum dapat menghindari tiang penghalang secara penuh.

3.2. ANALISIS

Setelah melakukan pengujian langsung bersama dengan ketiga partisipan, selanjutnya peneliti meminta kepada ketiga partisipan untuk mengisi angket kuesioner untuk mengukur tingkat kegunaan dari R-ETA. Pengisian angket dibantu oleh peneliti dengan membacakan secara langsung aturan pengisian dan butir-butir pernyataan. Berikut ini hasil beserta analisis dari pengisian kuesioner :

Tabel 11. Hasil angket tingkat kegunaan dengan menggunakan angket SUS

Responden	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Jml	Total
R1	1	1	2	2	4	1	3	3	3	1	21	52,5
R2	3	3	2	2	3	1	3	1	2	1	21	52,5
R3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	1	24	60
Rata-rata												55

Sehingga berdasarkan data yang telah diambil dan dianalisis dengan mengacu pada penarikan kesimpulan pada angket SUS, maka teknologi asistif R-ETA mempunyai tingkat kegunaan yang kurang baik atau bernilai D.

Dalam pengujian tahap kedua ini, keseluruhan dapat disimpulkan bahwa jika dilihat dari fungsional untuk mendeteksi penghalang R-ETA sudah cukup baik dan terdapat peningkatan dibandingkan pengujian tahap pertama, terjadi peningkatan akurasi deteksi sehingga dapat mendeteksi penghalang A walaupun masih belum dapat dengan baik mendeteksi penghalang D. Namun dari sisi kepuasan pengguna ketika menggunakan R-ETA masih tergolong kurang baik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan latar belakang masalah dan rumusan masalah yang berusaha dijawab melalui tindakan pengembangan dan penelitian dengan serangkaian langkah-langkah pengembangan dan penelitian, sehingga menghasilkan produk yang telah divalidasi dan diujikan langsung ke pengguna dengan harapan dapat menjawab rumusan masalah yang diangkat. Maka dapat ditarik simpulan-simpulan sebagai berikut ini :

1. Electronic Travel Aids Bernama R-ETA yang telah dikembangkan dalam penelitian pengembangan ini melalui serangkaian proses pengembangan mulai dari perancangan dimana dalam perancangan atau desain memperhatikan spesifikasi dan persyaratan minimum pembuatan ETA. Selain itu juga tidak lupa memperhatikan model konseptual pengembangan teknologi asistif yaitu HAAT agar teknologi asistif yang dikembangkan selain dapat berjalan secara fungsional juga dapat digunakan dengan serasi oleh penyandang tunanetra. Pengembangan R-ETA berusaha untuk menggunakan berbagai macam teknologi sensorik canggih dengan maksimal. Maka dari sisi teknis pengembangan R-ETA menggunakan framework ROS untuk mempermudah pemanfaatan sensor lidar, RGBD sensor, dan GPS. Berbagai macam pengembangan dapat mudah dilakukan berkat penggunaan ROS sebagai middleware mulai dari abstraksi sensor hingga pembuatan sistem secara modular dapat dilakukan secara fleksibel untuk mewujudkan fitur-fitur deteksi objek 3D dimensi yang terintegrasi dengan aplikasi pemantauan jarak jauh.
2. Evaluasi dilakukan dengan melalui pengujian secara langsung yang melibatkan partisipan tunanetra. Pengambilan data yang dilakukan dengan metode observasi dan menggunakan kuesioner SUS untuk mengukur tingkat kegunaan dari teknologi asistif yang dikembangkan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, dari sisi fungsional R-ETA telah berjalan dengan baik walaupun belum dapat berjalan dengan sempurna yang menyisakan kurang mampunya mendeteksi penghalang yang menggantung di atas kepala. Dari sisi penilaian pengguna, menghasilkan penilaian yang kurang baik dari segi kesederhanaan dan kegunaan. Beberapa hal yang menyebabkan hal tersebut terjadi adalah karena bentuk teknologi asistif yang tidak kurang umum digunakan oleh kebanyakan penyandang tunanetra dan ukuran yang masih tergolong besar menyebabkan ketidakpraktisan dalam penggunaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berhasil dilakukan berkat dukungan dari berbagai pihak, terutama berkat kepada Bapak Dwi Maryono, S.Si, M.Kom. yang telah melibatkan ide penelitian ini dalam penelitian beliau, sehingga mendapat dukungan untuk melanjutkan penelitian ke tingkat yang lebih matang sehingga penelitian ini dapat terwujud hingga pada titik saat ini. Selain itu peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada segenap teman-teman yang telah membantu jalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. P. dos Santos, F. O. Medola, M. J. Cinelli, A. R. Garcia Ramirez, and F. E. Sandnes, "Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 20, no. 1, pp. 93–103, 2020, doi: 10.1007/s10209-020-00712-z.
- [2] M. A. Hersh and A. R. García Ramírez, "Evaluation of the electronic long cane: improving mobility in urban environments," *Behav. Inf. Technol.*, vol. 37, no. 12, pp. 1203–1223, 2018, doi: 10.1080/0144929X.2018.1490454.
- [3] B. Kuriakose, R. Shrestha, and F. E. Sandnes, "Tools and Technologies for Blind and Visually Impaired Navigation Support: A Review," *IETE Tech. Rev. (Institution Electron. Telecommun. Eng. India)*, vol. 0, no. 0, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1080/02564602.2020.1819893.
- [4] P. Kaur and R. Garg, "Camera and Sensors-Based Assistive Devices For Visually Impaired Persons: A Systematic Review," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 8, pp. 622–641, 2019.
- [5] H. Hakim and A. Marhoon, "Indoor Low Cost Assistive Device using 2D SLAM Based on LiDAR for Visually Impaired People," *Iraqi J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 15, no. 2, pp. 115–121, 2019, doi: 10.37917/ijeee.15.2.12.
- [6] J. van den Akker, "Principles and Methods of Development Research," *Des. Approaches Tools Educ. Train.*, pp. 1–14, 1999, doi: 10.1007/978-94-011-4255-7_1.
- [7] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2015.