

# RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT BANTU PENDUKUNG MOBILITAS BAGI TUNANETRA MENGGUNAKAN SENSOR TIME OF FLIGHT BERBASIS ARDUINO

Juan Barnett Vigor Pangkey<sup>1)</sup>, Phie Chyan<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Atma Jaya Makassar  
Alamat e-mail: jbarnett545@gmail.com<sup>1)</sup>, phie\_chyan@lecture.uajm.ac.id<sup>2)</sup>

## ABSTRACT

*White cane isn't effective in fully supporting visually impairment person. Prototypes of supporting assistive tools reduce the problems of the mobility process. It acts as a stick companion in providing a more independent mobility process. Time of Flight (ToF) sensors in supporting assistive tools measure the distance of objects with Arduino as the microcontroller. The median filter algorithm would provide a more stable and reduce the sensor's MAPE value up to 2,5%. This research produces gloves and shoes with vibration response and voice message with warning information as the prototypes. The prototype also has a mobile application for setting the distance to the prototype.*

**Keywords:** *Arduino, Median Filter Algorithm, Assistive Tools, Visually Impaired.*

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) tahun 2015 dari jumlah penduduk Indonesia yang berusia di atas 10 tahun, tercatat sebanyak 13.221.240 orang mengalami gangguan penglihatan. Gangguan penglihatan merupakan kondisi dimana seseorang mengalami kelainan atau gangguan fungsi indra penglihatan. Kondisi tersebut dikenal dengan istilah tunanetra. Tunanetra dibagi berdasarkan tingkat gangguan yang dimiliki, yaitu totally blind (buta total) dan low vision [1]. Tunanetra memiliki hambatan pada indra penglihatan dalam menerima informasi sehingga tunanetra memerlukan alat bantu khusus untuk membantu tunanetra dalam proses pembelajaran agar dapat menjadi pribadi yang mandiri, memiliki sikap percaya diri dalam mengenal lingkungan sekitarnya [2].

Keterbatasan yang paling dirasakan oleh tunanetra adalah keterbatasan dalam berorientasi dan bermobilitas. Keterbatasan tersebut mengakibatkan tunanetra memerlukan alat bantu khusus dalam bermobilitas. Alat bantu yang umum digunakan di Indonesia oleh penyandang tunanetra adalah tongkat [3]. Tongkat berperan dalam mengatasi rintangan atau mendeteksi objek, membantu menentukan titik lokasi untuk berpindah dan simbol agar orang di sekitar mendahulukan tunanetra

ketika berada di lingkungan umum [2]. Panjang tongkat yang paling umum digunakan oleh tunanetra di Indonesia adalah 120 cm [4] dan mampu menjangkau objek hingga 90 cm [5].

Faktanya keterampilan dalam menggunakan tongkat masih belum maksimal dipahami oleh tunanetra. Beberapa penelitian menunjukkan hasil bahwa penggunaan tongkat tidak secara penuh mampu mendukung tunanetra dalam berjalan secara mandiri dan aman. Tunanetra masing mudah tersandung bahkan jatuh sehingga tunanetra mudah merasa was-was dan lebih memilih untuk dituntun oleh kerabat [6]. Masalah tersebut menyimpulkan perlunya alat bantu yang dapat meningkatkan rasa aman dari resiko menabrak, tersandung, dan terjatuh sehingga mampu meningkatkan sikap percaya diri tunanetra dalam bermobilitas secara mandiri tanpa harus menggantikan peran tongkat. Alat bantu yang dirancang berperan sebagai alat bantu pendukung sekaligus pendamping tongkat dalam mendukung proses mobilitas sehingga tunanetra sebagai pengguna dapat merasa lebih aman dan tidak mudah was-was.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe alat bantu pendukung mobilitas bagi tunanetra melalui pemanfaatan sensor *Time of Flight* (ToF) dan Arduino sebagai papan microcontroller utama yang berperan mendampingi tongkat dalam proses

mobilitas untuk kemudian diuji coba langsung oleh tunanetra sebagai pengguna. Perpaduan antara tongkat dan prototipe bertujuan agar dapat saling melengkapi dalam mendukung proses mobilitas yang lebih aman dan mandiri bagi pengguna. Pemberian respon (output) kepada pengguna dibagi berdasarkan kondisi jarak objek hambatan melalui informasi getar dan suara.

Proses pengukuran jarak hambatan memanfaatkan algoritma median filter untuk mengurangi pemberian nilai variatif yang diperoleh dari sensor ToF akibat noise dalam proses pengiriman dan penerimaan gelombang cahaya terhadap suatu objek. Penerapan median filter terhadap pemberian respon bermanfaat untuk memberi nilai pengukuran jarak yang lebih stabil. Hal tersebut mampu membantu tempo pemberian respon ke pengguna menjadi lebih pasti dan tepat ketika nilai pengukuran yang diperoleh berada pada titik minimum/maksimum rentang jarak yang telah ditentukan.

Prototipe juga dibekali dengan sebuah aplikasi mobile yang berfungsi untuk memberi fleksibilitas kepada pengguna dalam melakukan pengaturan rentang nilai jarak hambatan yang dibaca sensor. Aplikasi dapat digunakan oleh kerabat pengguna seperti keluarga atau teman maupun digunakan secara mandiri oleh tunanetra melalui layanan *talkback*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tunanetra

Tunanetra merupakan individu yang mengalami keterbatasan dalam kegiatan sehari-hari karena indra penglihatan atau kedua matanya tidak berfungsi sebagai saluran informasi seperti layaknya orang awas [7]. Penyebab gangguan penglihatan dapat terjadi sejak masa prenatal, proses kelahiran, maupun pasca kelahiran [8]. Tunanetra dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *totally blind* dan *low vision* [9].

### 2.2 Hambatan Tunanetra

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), hambatan merupakan halangan, rintangan, atau pengempang jalan. Secara umum tunanetra mengalami hambatan dalam menerima informasi sehingga sulit bagi tunanetra untuk mengenali lingkungannya

yang berdampak pada terhambatnya tugas-tugas perkembangan pada tunanetra [9]. Masalah tersebut cukup terasa dampaknya ketika tunanetra berada di tempat umum [10].

### 2.3 Orientasi dan Mobilitas

Orientasi dan mobilitas merupakan kumpulan dan penggunaan indra-indra yang masih berfungsi dengan benar, aman, efektif, dan efisien dimana penggunaan indra-indra tersebut membuat individu mampu berpindah dari suatu titik lokasi ke titik lokasi lain yang diinginkan. Orientasi dan mobilitas dapat juga dikatakan sebagai kemampuan untuk mengenali lingkungan dan melakukan perpindahan tempat dari suatu posisi ke posisi lain dengan cepat dan aman di lingkungan yang sama [11]. Namun, bagi tunanetra hilangnya frekuensi fungsi penglihatan menyebabkan sulitnya untuk mengenali lingkungan dan melakukan perpindahan tempat [8].

### 2.4 Algoritma Median Filter

Algoritma *median filter* merupakan algoritma untuk mencari nilai tengah terhadap kumpulan data yang dikumpulkan ke dalam elemen (*array*) tertentu dengan tahap membuang data lama dan mengambil data baru dengan tetap mempertahankan informasi di dalamnya. Algoritma ini pertama kali dikemukakan oleh Phil Ekstrom (2000) dalam majalah "*Embedded Systems Programming*" [12].

*Median filter* sering digunakan dalam menekan impulse noise yang disebabkan oleh kondisi abnormal nilai dalam satu set data. Median filter pada satu dimensi dapat dilakukan dengan menentukan ukuran jendela geser (*M*) pada sampel data. *M* harus merupakan angka ganjil. Ukuran jendela akan menjadi penentu terhadap jumlah sampel dalam jendela. Sebelum mencari nilai tengah, data pada sampel harus disusun secara berurutan mulai dari nilai kecil ke besar atau besar ke kecil [13].

### 2.5 Sensor Time of Flight

*Time of Flight* (TOF) merupakan metode pengukuran jarak objek yang diperoleh dari waktu pengiriman sinyal berupa gelombang mikro dan waktu ketika gelombang tersebut kembali ke pengirim sinyal. Gelombang yang digunakan ToF

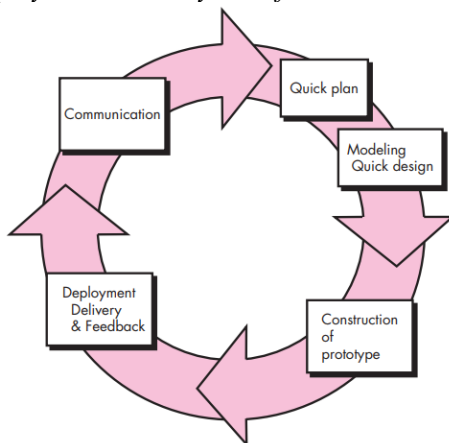
memiliki pola yang unik sehingga sensor dapat dengan mudah mengenali mana gelombang yang berasal dari sensor dan mana yang merupakan gangguan dari gelombang lain [14].

Dalam pemanfaatannya, keuntungan yang dapat diperoleh dari sensor ToF adalah pantulan benda tidak mempengaruhi hasil pengukuran jarak, sensor tetap dapat bekerja pada keadaan minim cahaya, dan akurasi yang dihasilkan terbilang baik [15].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan fungsinya penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan dimana peneliti memanfaatkan modul sensor ToF untuk mengukur jarak objek hambatan. Sedangkan berdasarkan metode keilmuannya penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimental karena peneliti melakukan perancangan terhadap prototipe berupa sarung tangan dan sepatu.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah prototype model versi Roger S. Pressman (2010). Terdapat 5 tahapan dari metode penelitian ini, yakni *communication*, *quick plan*, *modelling quick design*, *construction of prototype*, serta *deployment, delivery, dan feedback*.



Gambar 1. *Prototype model* versi Pressman

Tahap *communication*, yaitu tahap dimana dilakukan pengumpulan data terkait latar belakang penelitian, berupa data awal dan analisa kebutuhan. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan 3 orang siswa Sekolah Luar Biasa A Yayasan Pembinaan Tunanetra Indonesia (SLB A YAPTI) sebagai narasumber. Lokasi wawancara dilaksanakan di SLB A YAPTI. dengan kriteria narasumber adalah 2 siswa (1

laki-laki, 1 perempuan) dengan kondisi gangguan penglihatan *totally blind* dan 1 siswa laki-laki dengan kondisi gangguan penglihatan *low vision*. Usia ketiga narasumber adalah 18,21, dan 22 tahun.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, peneliti menyimpulkan dan melakukan penyesuaian rancangan terhadap alat bantu pendukung mobilitas. Model rancangan didasari oleh hasil analisis kebutuhan yang diperoleh dari hasil wawancara, dimana tingkat masih memiliki peran penting dalam proses mobilitas bagi tunanetra. Oleh karena itu, fokus prototipe alat yang dirancang mengarah pada fungsi untuk mendampingi dan melengkapi peran tingkat dengan pemberitahuan informasi mengenai posisi objek hambatan. Hal tersebut diharapkan dapat mengurangi resiko tersandung dan menabrak, sehingga meningkatkan rasa aman dan kemandirian tunanetra dalam bermobilitas.

Tahap *quick plan*, yaitu tahap perencanaan terkait estimasi dan keperluan teknis seperti alat dan fitur dalam proses perancangan dan pembuatan produk atau hasil akhir penelitian. Pada tahap ini, dilakukan perencanaan cepat dengan menerapkan disiplin ilmu interaksi manusia dan komputer (IMK). Selain perencanaan terhadap penerapan kaidah-kaidah IMK, tahap ini juga berfokus pada *input-process-output* sistem, penentuan fungsi yang akan berjalan pada sistem, penggunaannya, dan uji guna sistem sebagai keperluan evaluasi.

Peneliti juga menyiapkan seluruh alat penelitian yang dibutuhkan dalam proses perancangan dan pembuatan prototipe. Lalu mempersiapkan *Software* pendukung seperti Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) sebagai lingkungan penulisan kode dengan C++ sebagai bahasa pemrograman dan MIT App Inventor sebagai lingkungan pengembangan aplikasi *mobile*.

Tahap *modelling quick design*, yaitu tahap pemodelan atau tahap analisis terhadap arsitektur sistem dan hasil akhir penelitian, seperti pembuatan *flowchart* sistem, alur kerja sistem, *use case diagram*, skema rangkaian alat, dan hasil desain tampilan sistem, sehingga dapat diperoleh gambaran sistem mulai dari proses *input* hingga *output* yang dihasilkan [16,17]. Pada tahap ini peneliti juga mendesain gambaran fisik dari prototipe serta

skema rangkaian antar komponen *software* Fritzing.

Tahap *construction of prototype*, yaitu tahap pembuatan sistem sesuai dengan desain yang telah digambarkan pada tahap *modelling*. Tahap ini dilakukan dalam bentuk penulisan kode dan pembuatan prototipe berupa sarung tangan dan sepatu. Proses pengkodean ditulis di Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++.

Setelah seluruh proses pengkodean selesai akan dilakukan uji coba terhadap fungsi dan luaran dari prototipe sebelum dicoba langsung oleh siswa sebagai calon pengguna. Tahap *deployment, delivery, dan feedback*, yaitu tahapan akhir dari metode penelitian yang digunakan dimana prototipe yang dihasilkan dicoba langsung oleh tunanetra sebagai pengguna. Tujuan dari uji coba adalah untuk menerima *feedback* dari pengguna serta mengumpulkan masukan saran terhadap prototipe sebagai bahan evaluasi terhadap pengembangan prototipe berikutnya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh modul dan sensor yang ada disematkan ke dalam satu kesatuan unit pada sarung tangan dan sepatu. Letak seluruh modul dan sensor diatur seergonomi mungkin demi kenyamanan pengguna ketika digunakan. Berikut hasil rancang bangun prototipe alat bantu pendukung mobilitas yang merupakan luaran dari penelitian ini.

1. Prototipe sarung tangan



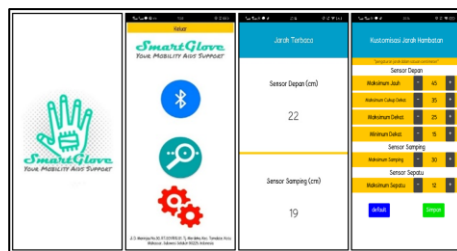
Gambar 2. Prototipe sarung tangan

2. Prototipe sepatu



Gambar 3. Prototipe Sepatu

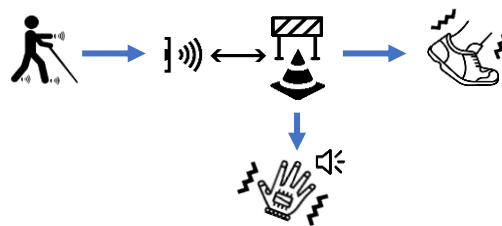
3. Prototipe aplikasi



Gambar 4. Prototipe aplikasi *mobile*

Seluruh kode dan fungsi pada prototipe sarung tangan dan sepatu ditulis pada perangkat lunak Arduino IDE menggunakan bahasa C++, sedangkan aplikasi dibangun menggunakan layanan MIT App Inventor menggunakan blocks-based programming language. Aplikasi terdiri dari 4 tampilan utama yang terdiri dari splash screen yang muncul ketika aplikasi dibuka, home, melihat hasil baca sensor pada sarung tangan, dan pengaturan untuk kustomisasi jarak. Aplikasi juga dapat menampilkan informasi lokasi pengguna berada.

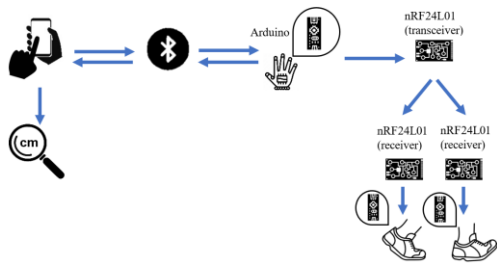
Secara rinci gambaran terhadap perancangan prototipe sarung tangan dan sepatu dapat dilihat pada workflow berikut ini.



Gambar 5. *Workflow* prototipe alat

*Workflow* pada prototipe dimulai saat pengguna melakukan kegiatan mobilitas menggunakan tongkat dan prototipe alat bantu. Tongkat digenggam di tangan kanan, sedangkan sarung tangan digunakan di tangan kiri dan prototipe sepatu digunakan di kedua kaki. Dalam penggunaannya ketika pada rentang jarak tertentu sensor ToF pada sarung tangan mendeteksi adanya objek hambatan, pengguna akan menerima informasi berupa getaran dengan panjang getaran yang telah disesuaikan berdasarkan masing-masing rentang jarak (jauh, cukup dekat, dekat), sedangkan sepatu akan memberi informasi berupa getaran jika terdeteksi objek hambatan pada titik jarak yang telah ditentukan. Khusus untuk prototipe sarung tangan, pada titik jarak tertentu (secara default diatur pada jarak 50

cm dan 30 cm) prototipe akan memberikan informasi berupa pesan suara jika terdeteksi objek hambatan di depan dan samping pada jarak yang telah ditentukan.



Gambar 6. *Workflow* prototipe aplikasi

*Workflow* pada aplikasi *mobile* dimulai ketika pengguna membuka aplikasi. Dalam menggunakan aplikasi perangkat Bluetooth pada *smartphone* harus dalam keadaan aktif, ketika perangkat Bluetooth berhasil *pairing*, pengguna harus menghubungkan aplikasi dan prototipe dengan memilih nama modul Bluetooth prototipe sarung tangan pada menu daftar perangkat Bluetooth. Jika perangkat berhasil terhubung, pengguna dapat melakukan 2 hal, yaitu melihat atau mengetahui data jarak objek yang dibaca prototipe dan melakukan kustomisasi terhadap pengaturan rentang jarak dibacanya hambatan oleh prototipe sarung tangan dan sepatu.

#### 4.1 Pengujian Akurasi Sensor Time of Flight

Tingkat akurasi ditentukan dengan menghitung persentase dari rata-rata hasil persentase *error*. Hasil rata-rata persentase *error* dapat diperoleh menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan salah satu alat ukur yang paling sering digunakan untuk mengetahui tingkat ketepatan nilai yang diperkirakan terhadap nilai yang sebenarnya. Semakin kecil nilai persentase MAPE yang diperoleh, maka semakin akurat hasil yang telah diprediksi. Berikut interpretasi dari nilai MAPE yang diperoleh berdasarkan interval nilainya.

Tabel 1. Interpretasi nilai MAPE

Nilai MAPE (%)	Interpretasi
≤ 10	Sangat Akurat
10 - 20	Baik
20 - 50	Cukup Baik / Layak
> 50	Tidak Akurat

Proses uji coba dilakukan dengan meletakkan objek ke dalam 5 titik tertentu, yaitu pada jarak 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. Uji coba sensor dilakukan terhadap dua kondisi cahaya, yaitu pada kondisi cahaya normal dan pada kondisi minim cahaya (gelap). Nilai MAPE terhadap pengukuran jarak yang dibaca sensor pada kondisi cahaya normal dan minim cahaya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil MAPE pengukuran jarak oleh sensor

Jarak Terbaca (cm)	MAPE (%)	
	Cahaya Normal	Minim Cahaya
10,0	5,5	5,4
20,0	5,85	5
30,0	4,2	4,03
40,0	2,8	2,17
50,0	2,02	1,78

Selisih akurasi pada kondisi cahaya normal dan minim cahaya hanya berkisar antara 0,1%-0,85% saja atau kurang dari 1%. Hal tersebut membuktikan bahwa kondisi cahaya tidak mempengaruhi akurasi dari nilai baca sensor terhadap objek. Pada hasil pengujian yang dilakukan, secara keseluruhan dapat dilihat bahwa sensor mengalami penurunan persentase nilai *error* ketika jarak objek semakin jauh.

Objek yang berjarak 10 cm dari sensor memperoleh rata-rata persentase *error* yang masih besar walaupun 5% masih tergolong dalam hasil yang sangat akurat, tetapi ketika jarak objek semakin jauh rata-rata persentase *error* mengalami penurunan hingga berada di bawah 3%. Tingkat akurasi dengan rata-rata persentase *error* tertinggi terjadi ketika objek hambatan berada pada jarak 20 cm.

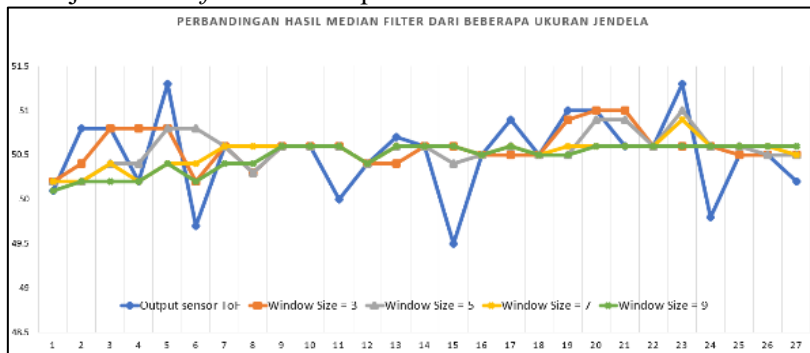
Walaupun hasil MAPE menunjukkan pengukuran sensor sudah masuk dalam kategori sangat akurat, tetapi peneliti menemukan adanya perubahan jarak yang cukup signifikan terjadi ketika sensor ToF membaca jarak objek per 100 milidetik. Hasil pembacaan jarak yang dihasilkan membuat variasi nilai yang cukup banyak sehingga membuat tidak stabilnya pembacaan jarak terhadap objek diam dan berdampak pada nilai MAPE yang dihasilkan.

## 4.2 Penerapan Algoritma Median Filter

Walaupun hasil akurasi sensor sudah tergolong sangat akurat, tetapi nilai yang diberikan cukup variatif. Hal tersebut tentu sangat mempengaruhi pemberian respon ke pengguna terhadap rentang jarak yang telah ditentukan. Pemanfaatan median filter sangat baik dalam memberikan nilai yang output yang lebih stabil dengan melakukan pertimbangan terhadap nilai tetangga (nilai yang berada pada jendela) untuk kemudian memutuskan nilai yang paling dapat mewakili nilai lain pada jendela, yaitu nilai tengah. Proses kerja *median filter* terhadap

*sensor* ToF adalah dengan melakukan penggantian nilai hasil pengukuran sensor dengan nilai tengah dari nilai-nilai yang sebelumnya sudah ditampung dalam satu jendela sehingga nilai output yang diberikan tetap mempertahankan nilai yang pernah diberikan oleh sensor.

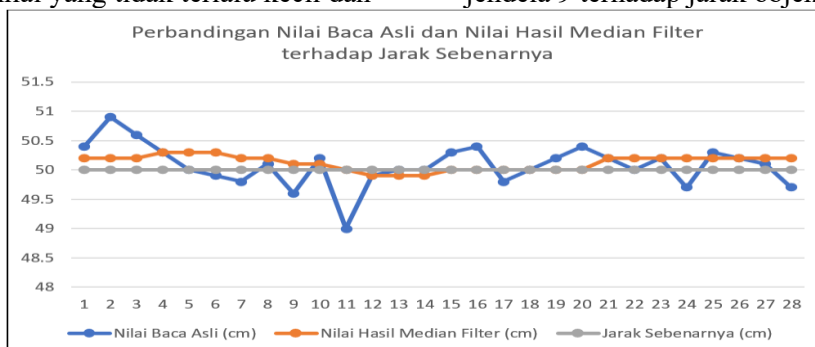
Peneliti melakukan perbandingan terhadap hasil median filter terhadap ukuran jendela 3, 5, 7, dan 9 dengan mengabaikan nilai output 0. Berikut grafik hasil nilai median berdasarkan ukuran jendela ganjil 3 hingga 9 terhadap nilai asli yang dibaca sensor selama 27 kali.



Gambar 7. Perbandingan hasil *median filter* dari beberapa ukuran jendela

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat jika ukuran jendela yang digunakan terlalu kecil maka noise yang dikurangi menjadi lebih terbatas, sedangkan jika ukuran jendela yang digunakan terlalu besar maka noise yang dikurangi memang lebih baik namun hal ini mengakibatkan data asli dari sensor ToF menjadi tidak berguna. Berdasarkan perbandingan hasil yang dilakukan maka peneliti memutuskan untuk menggunakan jendela berukuran 9. Ukuran tersebut merupakan nilai yang tidak terlalu kecil dan

tidak terlalu besar, selain itu nilai median yang dihasilkan juga lebih stabil dalam beberapa kali pemberian output nilai. Berdasarkan nilai median yang diperoleh pada uji coba di atas, ukuran jendela 9 juga dianggap cukup untuk mewakili pengambilan nilai median pada data sensor dalam waktu sekitar 1 detik ( $9 \times 100$  ms). Berikut perbandingan hasil luaran yang dibaca sensor dengan hasil yang diberikan oleh penggunaan median filter berukuran jendela 9 terhadap jarak objek 50 cm.



Gambar 8. Perbandingan *output* sensor dan *median filter* terhadap jarak sebenarnya

Selain memberikan nilai *output* yang lebih stabil, grafik di atas juga menunjukkan bahwa nilai *output* dari hasil *median filter* membuat jarak baca yang diberikan selalu

mendekati jarak objek yang sebenarnya. Setelah menerapkan algoritma *median filter*, maka dapat dilakukan perhitungan kembali terhadap hasil MAPE akurasi sensor untuk

melihat apakah terjadi penurunan nilai *error* terhadap hasil MAPE tanpa menggunakan algoritma *median filter*. Hasil MAPE dari akurasi sensor setelah penggunaan *median filter* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil MAPE penerapan *median filter*

Jarak Sebenarnya (cm)	MAPE (%)
10,0	3
20,0	4,4
30,0	3,23
40,0	1,9
50,0	0,72

Tabel di atas menunjukkan terjadinya penurunan nilai MAPE terhadap nilai MAPE di Tabel sebelumnya (tanpa *median filter*) dengan rentang penurunan berada di kisaran 0,9% hingga 2,5%.

#### 4.3 Respon Pada Prototipe

Berikut adalah hasil pengujian pemberian respon/*output* berdasarkan kondisi jarak objek hambatan yang telah ditentukan.

1. *Output* sensor depan prototipe sarung tangan

Tabel 4. *Output* sensor depan sarung tangan

Kondisi Objek Hambatan	<i>Output</i>
> 35 cm & ≤ 45 cm	Getaran dengan delay 250 ms/getaran
> 25 cm & ≤ 35 cm	Getaran dengan delay 150 ms/getaran
> 15 cm & ≤ 25 cm	Getaran dengan delay 50 ms/getaran
> 45 cm & ≤ 50 cm	Pesan suara "Awat di depan"

2. *Output* sensor samping prototipe sarung tangan

Tabel 5. *Output* sensor samping sarung tangan

Kondisi Objek Hambatan	<i>Output</i>
>30 cm & ≤ 35 cm	Pesan suara "Awat di samping"

3. *Output* sensor prototipe sepatu

Tabel 6. *Output* sensor sepatu

Kondisi Objek Hambatan	<i>Output</i>
>12 cm & ≤ 27 cm	Getaran dengan delay 250 ms/getaran

Pada uji coba ini dilakukan perhitungan waktu terhadap *response time* prototipe dalam memberi *output* getar dan pesan suara kepada pengguna. Hasil pengujian yang diperoleh adalah kedua jenis *output* memiliki *response time* yang berkisar antara 2,01 ms – 2,02 ms.

#### 4.4 Tahap Uji Coba Prototipe Kepada Tunanetra

Pada tahap ini dilakukan uji coba langsung terhadap prototipe kepada 2 siswa dari Sekolah Luar Biasa Yayasan Pembinaan Tunanetra Indonesia (SLB A YAPTI). Lokasi pengujian berlangsung di gedung aula sekolah. Proses pengujian berlangsung dalam 2 tahap, yaitu pengujian prototipe dalam proses mobilitas dan uji coba penggunaan aplikasi *mobile*.

##### 4.4.1 Pengujian Prototipe Alat Bantu Pendukung Mobilitas

Pada tahap pengujian ini, peneliti meletakkan beberapa objek penghalang yang nantinya akan menjadi rute untuk dilewati oleh tunanetra. Berikut hasil uji coba perpaduan tongkat dan prototipe saat digunakan dalam membantu proses mobilitas terhadap kedua tunanetra.

1. Prototipe berhasil mendeteksi objek hambatan yang ada, hanya saja masih terdapat objek yang ditabrak oleh pengguna, yaitu kantong berbahan plastik.
2. Prototipe berhasil memberi luaran yang responsif kepada pengguna sebagai informasi peringatan akan hambatan yang terdeteksi.
3. Prototipe berhasil mendukung proses mobilitas yang lebih aman bagi pengguna.
4. Prototipe berhasil mengurangi sikap was-was yang berlebihan pada pengguna.
5. Prototipe berhasil membuat pengguna menjadi lebih percaya diri untuk bermobilitas secara mandiri.

Dari hasil uji coba yang dilakukan, ditemukan fakta bahwa masih terdapat objek yang ditabrak oleh pengguna. Hasilnya diketahui bahwa terjadi kesalahan timing pada saat pengguna berpindah menjauhi objek hambatan ketika prototipe memberi respon getar.

Peneliti melakukan uji coba ulang terkait akurasi prototipe terhadap objek yang ditabrak pengguna. Pengujian dilakukan terhadap jarak minimum dan maksimum objek hambatan dapat dideteksi oleh prototipe sepatu. Berikut hasil perhitungan MAPE pemberian nilai output oleh prototipe terhadap objek kantong plastik.

Tabel 7. Hasil MAPE Objek Kantong Plastik

Jarak Sebenarnya (cm)	MAPE (%)
12,0	<b>13,16</b>
50,0	<b>1,68</b>

Kesimpulan yang diperoleh dari tahap uji coba ini adalah secara teknis prototipe mampu mendeteksi objek hambatan dengan baik dan dalam pemberian informasi prototipe juga sudah memberikan output yang sesuai dengan rentang jarak yang telah ditentukan hanya saja terdapat kelemahan terhadap akurasi pengukuran pada objek kantong plastik berwarna merah terutama ketika kantong berada pada posisi jarak 12 cm karena menunjukkan nilai MAPE sebesar 13,16%. Nilai tersebut tergolong baik namun tidak masuk dalam kategori sangat akurat. Nilai MAPE mengalami penurunan ketika jarak objek semakin jauh, contohnya ketika pada jarak 50 cm nilai MAPE yang diperoleh hanya sebesar 1,68% atau tergolong sangat akurat.

#### 4.4.2 Pengujian Prototipe Aplikasi Mobile

Aplikasi diuji coba langsung oleh tunanetra yang sebelumnya melakukan tahap uji coba prototipe alat bantu pendukung mobilitas. Beberapa hal yang diuji adalah aksesibilitas aplikasi, fungsionalitas aplikasi, dan manfaat yang diperoleh dari aplikasi. Berikut hasil dari uji coba aplikasi *mobile*.

1. Aplikasi berhasil untuk dioperasikan menggunakan layanan *talkback*.
2. Aplikasi dapat dengan mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna.
3. Aplikasi dan prototipe sarung tangan dapat saling terhubung melalui konektivitas Bluetooth.
4. Aplikasi berhasil menerima dan menampilkan data nilai jarak hambatan dari prototipe sarung tangan.

5. Aplikasi berhasil membantu dan mendukung pengguna dalam mengatur rentang jarak prototipe dalam memberi respon atau informasi peringatan.
6. Aplikasi berhasil memberi informasi lokasi pengguna melalui *Location Based Service* (LBS) dari perangkat *smartphone*.

#### 4.4.3 Feedback dari Pengguna

Pada tahap ini umpan balik diperoleh melalui kegiatan wawancara dengan tunanetra setelah pelaksanaan uji coba prototipe. Beberapa umpan balik yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Prototipe sangat membantu dalam pemberian informasi awal ketika hambatan terdeteksi. Informasi yang diperoleh sangat membantu tongkat dalam memastikan keberadaan suatu objek.
2. Prototipe membantu mengurangi resiko menabrak terhadap objek yang posisinya tidak dapat dijangkau oleh tongkat, seperti benda tinggi yang tidak secara langsung menyentuh tanah.
3. Objek yang dibaca dan luaran yang diberikan oleh prototipe sangat responsif sehingga sangat membantu dalam proses mobilitas yang lebih aman.
4. Aplikasi sangat berguna karena dapat melengkapi prototipe alat bantu pendukung dalam melakukan penyesuaian pengaturan rentang jarak.
5. Pengembangan berikut sebaiknya letak sensor berada pada punggung tangan sebagai bagian dari penyesuaian terhadap teknik perlindungan diri, yaitu menggunakan tangan kiri ketika bermobilitas.

## 5. KESIMPULAN

Pemanfaatan sensor ToF dalam penelitian ini berhasil mendukung prototipe dalam mendeteksi dan mengukur jarak suatu hambatan. Penerapan *median filter* juga berhasil menghasilkan nilai MAPE yang berkisar antara 0,72% hingga 4,4% dengan pemberian nilai jarak yang lebih stabil sehingga pemberian *output* peringatan kewaspadaan dapat lebih aktual diterima oleh pengguna.

Secara keseluruhan hasil dari penelitian ini adalah prototipe alat bantu pendukung mobilitas berhasil membantu dan mendukung pengguna dalam meningkatkan rasa aman dan mandiri dalam bermobilitas. Walaupun saat ini dalam penggunaannya prototipe masih memerlukan tongkat sebagai alat bantu utama, prototipe berhasil melengkapi peran tongkat khususnya dalam pemberian informasi awal terkait keberadaan posisi hambatan yang terdeteksi sebelum dipastikan dan atau dijangkau oleh tongkat, selain itu respon atau informasi yang diberikan prototipe juga berhasil mengurangi rasa was-was berlebihan kepada tunanetra terhadap resiko menabrak dan tersandung sehingga pengguna dapat merasa lebih aman dan percaya akan kemampuan diri sendiri dalam bermobilitas tanpa harus selalu bergantung pada orang lain.

Berdasarkan hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, peneliti mengharapkan adanya penelitian lebih lanjut terkait jenis bahan objek hambatan dan penggunaan jenis sensor ToF lain dengan kemampuan pengukuran yang lebih jauh dan lebih baik karena masih ditemukan adanya objek dengan jenis bahan tertentu dengan hasil pengukuran yang masih kurang akurat terhadap jarak asli objek, contohnya seperti objek dengan bahan yang mudah tembus pandang. Selain itu perlu adanya penyesuaian terhadap pemilihan sumber daya pada pemanfaatan modul *mini speaker* karena *Battery* 9 Volt yang digunakan pada prototipe ini masih sering mengalami masalah dalam menunjang pemberian pesan suara dengan baik, sehingga peneliti menggunakan *Power Bank* 5 Volt 2 Ampere sebagai alternatif lain.

Bagi pengembangan prototipe, walaupun saat ini tongkat masih menjadi alat bantu mobilitas utama dan prototipe sebagai alat bantu pendukung, tidak menutup kemungkinan prototipe dapat digunakan secara independen tanpa bantuan tongkat apabila dilakukan upaya dalam pengolahan informasi dan penerapan algoritma yang lebih baik serta pemanfaatan alat yang lebih canggih, sehingga peneliti mengharapkan kedepannya ada upaya bagi pengembangan yang dapat membuat prototipe bisa menjadi alat bantu utama tunanetra dalam membantu proses mobilitas. Salah satu upaya yang dapat dikembangkan adalah dengan

menerapkan pemberian indikasi tinggi hambatan sehingga dapat membantu pengguna dalam memperkirakan jenis objek yang ada di depan.

Penyesuaian desain yang lebih ergonomis dan sesuai kebutuhan tunanetra juga penting agar prototipe dapat lebih nyaman secara visual dan pada saat digunakan, misalnya seperti penyesuaian letak sensor ke bagian punggung tangan karena berdasarkan informasi dari *testee*, teknik perlindungan menggunakan tangan yang benar adalah dengan mengarahkan punggung tangan ke arah depan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mambela, S. 2018. Tinjauan umum masalah psikologis dan masalah sosial individu penyandang tunanetra. *Jurnal Buana Pendidikan*, 14(25):65-73.
- [2] Khamil, N. A., & Sopandi, A. A. 2018. Persepsi tunanetra terhadap penggunaan tongkat di smk negeri 7 padang. *Jurnal Penelitian Pendidikan Berkebutuhan Khusus*, 6(1):78-85. ISSN: 2622-5077.
- [3] Azzahro, D., & Kurniadi, D. 2017. Penggunaan tongkat pada siswa tunanetra smalb dalam melakukan mobilitas. *JASSI\_anakku*, 18(1):19-25.
- [4] Ramadhana R., Nurmantris, D. A., & Haryanti, T. 2020. Rancang Bangun Sarung Tangan sebagai Alat Bantu Tunanetra Berbasis Sensor Ultrasonic dan Arduino Nano. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 7(2):877-884. ISSN: 2442-4404.
- [5] Goldschmidt, M. 2018. Orientation and Mobility Training to People with Visual Impairments. In Edwige Pissaloux & Ramiro Velazquez (Ed.). *Mobility of Visually Impaired People* (pp 237-261). Switzerland: Springer Nature. doi:10.1007/978-3-319-54446-5\_8.
- [6] Pamungkas, T. B. 2013. Rancang bangun tongkat ultrasonik pendeteksi halangan dan jalan berlubang untuk penyandang tunanetra berbasis atmega16. Skripsi program Sarjana.

- Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [7] Somantri, T. Sutjihati., 2006. Psikologi Anak Luar Biasa, Refika Aditama, Bandung.
- [8] Desiningrum, D. R. 2016. Psikologi anak berkebutuhan khusus. Yogyakarta: Psikosain.
- [9] Harimukthi, M. T., & Dewi, K. S. 2014. Eksplorasi kesejahteraan psikologis individu dewasa awal penyandang tunanetra. *Jurnal Psikologi Undip*, 13(1):64-77.
- [10] Benny, Kamila, A., R., & Sugiono, T., T. 2019. Rancang bangun tongkat bantu pendeteksi penghalang, air, dan lokasi tunanetra. *Jurnal Poli-Teknologi*, 18(2):217-224. doi: <https://doi.org/10.32722/pt.v18i2.1443>.
- [11] Sundoro, T. G., & Pamuji. 2020. Studi pustaka kemampuan orientasi dan mobilitas berbasis peta elektronik pada tunanetra. *Jurnal Pendidikan Khusus*, 15(1):1-7.
- [12] Jones, N. 2010. Median Filtering. [Online]. Tersedia di: <https://embeddedgurus.com/stack-overflow/2010/10/median-filtering/> [Accessed 4 Oktober 2021].
- [13] Liu, H., & Liu, W. 2021. Time Delay Estimation Method Used Median Filter in Low Signal to Noise Ratio Pulse Environment. *E3S Web of Conferences* 252, 02039 (2021). doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125202039>.
- [14] Sidharta, H. A. 2019. Prinsip kerja ToF (Time of Flight) dalam pembacaan LIDAR. [Online]. Tersedia di: <https://binus.ac.id/malang/2019/01/prinsip-kerja-tof-time-of-flight-dalam-pembacaan-lidar/> [Accessed 25 September 2021].
- [15] P. Chyan, 2019. Image Enhancement Based On Bee Colony Algorithm. *J. Eng. Appl. Sci.*, 14(1):43-49.
- [16] Chyan, P., 2018, November. Decision Support System for Selection of Dog Breeds. In 2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI) (pp. 343-346). IEEE.
- [17] Chyan, P. (2018) "Penerapan Sistem Kriptografi Enkripsi Jamak Dan Tanda Tangan Digital Dalam Mendukung Keamanan Informasi", *TEMATIKA: Jurnal Penelitian Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, pp. 39–46. doi: 10.56963/tematika.vi.280.