

PENGEMBANGAN SARUNG TANGAN SONAR SEBAGAI ALTERNATIF ALAT BANTU NAVIGASI BAGI TUNANETRA MENGGUNAKAN ARDUINO

DEVELOPING OF SONAR HAND GLOVES AS ALTERNATIVE NAVIGATION TOOLS FOR BLIND PEOPLE USING ARDUINO

Yudhi Triarnowo¹

Erwin Susanto, Ph.D.²

Ramdhan Nugraha, S.Pd., MT³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹(yudhi.triarnowo@gmail.com) ²(erwinelektro@telkomuniversity.ac.id) ³(ramdhan@telkomuniversity.ac.id)

Abstrak

Pada saat ini, tongkat masih banyak digunakan oleh penyandang tunanetra. Tongkat memiliki berbagai keterbatasan seperti : keterbatasan jangkauan alat,, tidak dapat mendeteksi berbagai halangan di sekeliling penyandang dalam waktu yang cepat, juga tidak dapat mendeteksi objek yang bergerak dengan cepat. Pada tugas akhir ini, dirancang alat bantu navigasi tunanetra dalam bentuk sarung tangan yang memanfaatkan sensor ultrasonik dengan mikrokontroler arduino sehingga mampu mendeteksi berbagai halangan yang diam atau objek yang bergerak di sekitar penyandang tunanetra secara instan. Alat ini mempunyai jarak efektif antara 5cm – 1m. Pengguna dapat merasakan adanya halangan melalui umpan balik berupa getaran dari motor vibrator yang dirasakan oleh tangan penyandang tunanetra yang intensitasnya berbanding terbalik dengan jarak halangan/objek pada tiga arah di sekeliling penyandang tunanetra. Alat bantu ini telah diujicoba kepada tunanetra dengan tanggapan yang cukup baik, meskipun tunanetra pada awalnya cukup bingung dengan cara kerja alat ini. Akurasi pembacaan jarak dari alat ini juga telah diuji dengan hasil yang cukup memuaskan. Hasil rata – rata akurasi yang didapatkan adalah 97.98% untuk sensor tipe HC SR-04 dan 97.6% untuk sensor tipe Parallax PING.

Kata kunci : Sarung Tangan, Sensor Ultrasonik, Vibrator, Mikrokontroler, dan Arduino.

Abstract

Nowadays, white cane is still used by blind people as navigation tool despite of white cane's many problems such as, : limited range that makes blind people worry, delay in detecting obstacles, and unable to detect fast moving obstacles. On this final assignment, we designed navigation tool for blind people in shape of gloves that use ultrasonic sensor with arduino microcontroller so it can detect obstacles around user instantly. This glove has effective range at 5cm – 1m. User can sense those obstacles through vibration from vibrator on the gloves. The intensity of the vibrations is inversely proportional to the distance of obstacles and user. This tools has been tested to blind people. Feedback they give to us is good, although they confused with this navigational tools at first. Accuracy of this tool also have been tested. The result is satisfactory. Average accuracy for HC SR-04 is 97.98% and for Parallax PING is 97.6%

Keywords : Gloves, Ultrasonic sensor, Vibrator, Microcontroller, and Arduino.

1. PENDAHULUAN

Menurut data yang diberikan oleh Rumah Sakit Mata Cicendo Bandung pada tahun 2012, jumlah penyandang tunanetra di Indonesia berada pada kisaran 3.5 juta orang atau 1% dari total populasi Warga Negara Indonesia. Jumlah itu setara dengan total populasi Negara Singapura, dan menurut data dari WHO, jumlah penyandang tunanetra di dunia akan meningkat populasinya sebanyak 2 kali lipat dari jumlah yang ada sekarang (sekitar 45 juta)[5].

Hal ini patut menjadi perhatian bagi orang yang berkecimpung di bidang teknologi sehingga mampu memberikan kontribusi dalam membantu mempermudah dan meningkatkan taraf hidup dari para penyandang tunanetra.

Dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, penyandang tunanetra secara umum menggunakan suatu alat yang disebut white cane. Tongkat ini pada umumnya berwarna putih terang dan memiliki strip berwarna merah sebagai tanda bahwa yang menggunakan tongkat merupakan penyandang tunanetra[3]. Pada implementasinya,

tongkat ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga seringkali menimbulkan keluhan dalam penggunaannya.

Permasalahan yang pada umumnya dijumpai oleh tunanetra yang menggunakan white cane diantaranya:

- 1.Keterbatasan jangkauan
- 2.Tingkat kecepatan navigasi yang lambat
- 3.Tidak dapat membedakan objek yang bergerak dan diam dengan cepat
- 4.Hanya dapat mendeteksi satu arah dalam satu waktu

Alat ini terinspirasi dari kemampuan kelelawar dalam bernavigasi, yaitu memanfaatkan gelombang sonar. Kelelawar sebagai binatang yang memiliki kemampuan visual yang sangat terbatas hanya dapat mendeteksi berbagai objek baik yang diam ataupun yang bergerak melalui gelombang sonar yang dipancarkan dan ditangkap kembali setelah menabrak suatu objek[4]. Akan tetapi, kita dapat melihat pada kenyataannya bahwa kelelawar dapat bergerak dengan sangat gesit dan mampu terbang menghindari berbagai halangan di sekelilingnya dengan fleksibilitas yang sangat tinggi. Kemampuan bernavigasi kelelawar yang hebat tanpa mengandalkan kemampuan visual menjadi inspirasi bagi pembuatan alat ini.

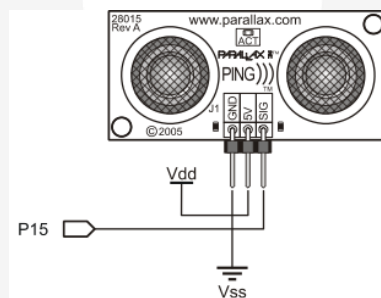
Tujuan dibuatnya sarung tangan ini adalah untuk membantu tunanetra agar lebih mudah dalam melakukan navigasi dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini dititikberatkan dengan pendekatan kualitatif dengan mengujicoba langsung ke tunanetra.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindraannya[2,4].

Sensor Ultrasonik dipilih karena relatif mudah dalam penggunaannya dan telah banyak digunakan secara luas sebagai sensor penghitung jarak. *Library* yang menyertakan sensor ultrasonik juga sudah cukup banyak tersedia sehingga memudahkan dalam penulisan program. Harga dari sensor ultrasonik sendiri cukup terjangkau.



Gambar 1 : Sensor Ultrasonik (parallax.com)

2.2 Arduino

Arduino pada awalnya dibangun untuk desainer dan artis, atau orang – orang dengan pengetahuan teknis yang rendah. Meskipun tanpa pengetahuan tentang pemrograman tingkat lanjut, Arduino membuat mereka dapat menghasilkan desain prototype yang mengesankan. Jadi tidak mengherankan bila Arduino sangat mudah untuk digunakan meskipun untuk mereka yang tidak memiliki pengetahuan mendalam tentang bidang teknik[9].

Untuk alasan kepraktisan, kemudahan pengembangan program dan kehandalan kinerja, digunakan sistem mikrokontroler berbasis arduino. Mikrokontroler ini dibuat dan disusun sendiri dengan rujukan desain boarduino versi 1 seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2 : Boarduino (makezine.com)

Pertimbangan membuat sendiri sistem minimum mikrokontroler adalah untuk menekan biaya pembuatan dan menjaga agar dimensi blok sistem minimum sekecil mungkin.

Untuk pembuatan kode program, digunakan software IDE Arduino versi 1.3. Program arduino menggunakan bahasa C yang telah dimodifikasi sehingga menjadi sangat sederhana dari sisi *syntax* pemrograman. Kesederhanaan ini bermanfaat agar proses pemrograman dan *debugging* dan *troubleshooting* tidak terlalu memakan waktu yang lama

2.3 Aktuator

Aktuator merupakan peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol suatu mekanisme atau sistem.[1]

Alat ini memiliki keluaran berupa vibrasi. Feedback pada pengguna diberikan dalam bentuk vibrasi agar hanya pengguna yang dapat merasakan feedback dari alat ini. Feedback berupa vibrasi pada alat ini berbanding terbalik dengan jarak yang dibaca oleh sensor.

Karena feedback yang berupa vibrasi, maka aktuator yang digunakan pada alat ini berupa motor vibrator.

Berdasarkan berbagai pertimbangan, akhirnya digunakan motor vibrator dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

- Diameter badan : 4 mm
- Panjang badan : 8 mm
- Rating tegangan : 3 Volt
- Rating Kecepatan : 12500 rpm
- Konsumsi daya :240 mW



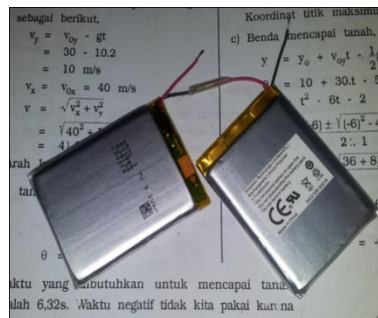
Gambar 3 : Motor Vibrator (precisionmultidrive.com).

2.4 Catu Daya

Catu daya adalah sumber daya dari seluruh rangkaian alat yang akan dibuat. Catu daya yang digunakan harus dapat memberi daya pada alat dalam waktu yang cukup lama.

Jenis catu daya yang digunakan pada alat ini adalah baterai Lithium-ion. Baterai Lithium-ion dipilih karena mempunyai tenaga yang cukup besar, murah, dan termasuk baterai yang paling aman dan banyak dijumpai.

Untuk blok catu daya digunakan 4 buah baterai lithium-ion dengan spesifikasi Tegangan 3,7V dan kapasitas arus 850mAh. Untuk rangkaian nya kita menghubungkan 2 buah baterai litium-ion sehingga dihasilkan tegangan 7,4 volt yang nantinya akan digunakan untuk men-catu mikrokontroler dan rangkaian sensor. Untuk meningkatkan kapasitas baterai kita menghubungkan secara paralel 2 buah rangkaian yang telah diseri sebelumnya. Sehingga total yang dihasilkan dari blok catuan yang telah dibuat 7,4 volt dengan kapasitas 1700 mAh.

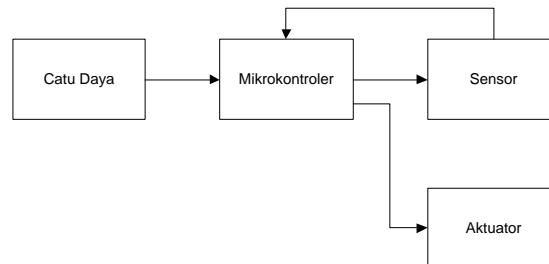


Gambar 4 : Baterai Lithium-ion.

3. PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini, sistem sarung tangan dibuat sesederhana dan seminimal mungkin, tetapi tetap dengan fungsionalitas yang bisa diandalkan. Hal ini dilakukan agar pengguna dapat lebih mudah dalam mengoperasikan sarung tangan sonar ini dengan segala keterbatasan yang dimiliki pengguna.

3.1 Diagram Blok

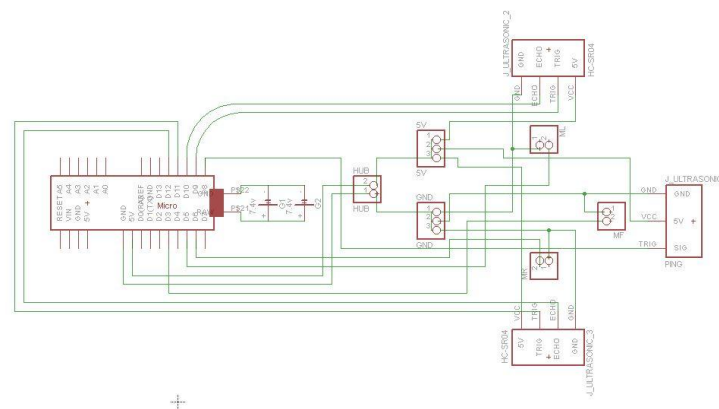


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Penjelasan singkat dari sistem pada sarung tangan sonar ini seperti ditunjukkan pada diagram blok sistem di atas adalah sebagai berikut.

Blok Mikrokontroler adalah otak dari sistem ini. Blok Mikrokontroler memberi perintah kepada sensor ultrasonik untuk mulai mentransmisikan gelombang ultrasonik dan mengolah feedback dari sensor ultrasonik. Data ini kemudian diolah dan digunakan untuk mengatur intensitas motor vibrator. Ultrasonik Sensor dan Motor Vibrator mendapat catu daya dari Sistem Minimum Mikrokontroler. Sedangkan Mikrokontroler sendiri mendapat catu daya dari Power Supply Unit.

3.2 Skematik Rangkaian



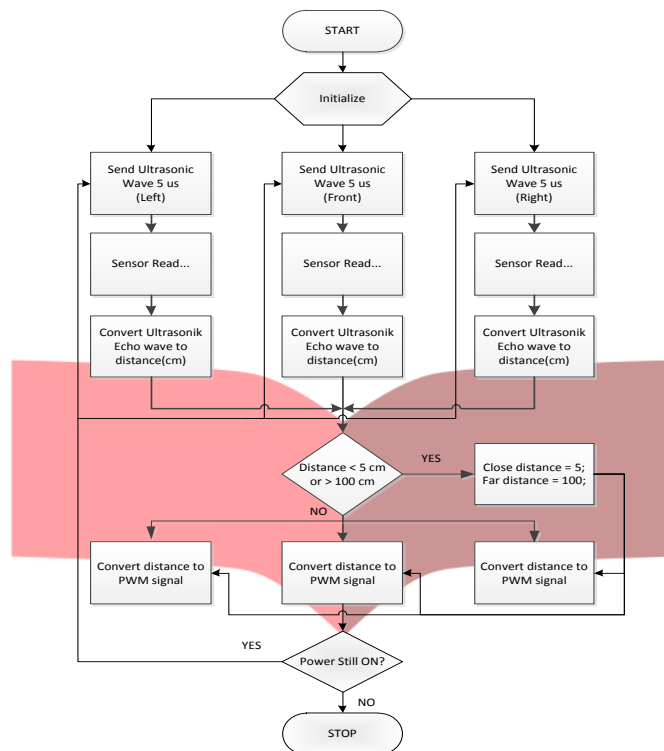
Gambar 6. Skematik Rangkaian

Gambar di atas adalah skematik dari rangkaian yang digunakan pada alat ini. Dapat dilihat bahwa digunakan 3 sensor ultrasonik dari dua tipe yang berbeda di bagian depan, kiri, dan kanan. Masing – masing sensor akan menyediakan pembacaan jarak yang nantinya akan diolah oleh mikrokontroler dan diumpungkan kembali ke motor vibrator yang juga terdapat di bagian depan, kiri, dan kanan.

Parallax PING diletakkan di sisi depan dan pin SIG dihubungkan dengan pin D8 mikrokontroler. HC SR-04 diletakkan di kiri dan kanan. Pin TRIG dari sensor di sebelah kiri dihubungkan dengan pin D9 dan pin ECHO dengan pin D10. Sedangkan pin TRIG dari sensor di sebelah kanan dihubungkan dengan pin D11 dan pin ECHO dengan pin D12.

Hasil pembacaan dari sensor akan dikonversi ke jarak dalam satuan centimeter untuk kemudian dikonversi kembali menjadi tegangan yang akan diberikan ke motor vibrator melalui pin D3 untuk sisi depan, D5 untuk sisi kiri dan D6 untuk sisi kanan.

3.3 Flow Chart



Gambar 7. Flow Chart Diagram

Pada gambar flow chart di atas, dapat dilihat cara kerja dari sistem.

Program ini membaca jarak yang didapat dari sensor ultrasonik dengan interval pembacaan 5ms. Karena rentang yang ditentukan antara 5cm – 1m, maka jarak yang kurang dari 5cm akan dibaca 5cm dan jarak yang lebih dari 1m akan dibaca sejauh 1m. Jarak yang didapat akan dikonversi ke dalam satuan centimeter untuk selanjutnya dimasukkan dalam fungsi mapping arduino untuk selanjutnya diubah kembali menjadi sinyal PWM yang akan dikirimkan berupa tegangan ke motor vibrator.

Hal ini akan terus berulang selama alat dalam keadaan ON.

3.4 Lembar Kuesioner

		Tanggal Eksperimen :		
Subjek				
Kode : LV / TB				
Nama :		Lokasi :		
Usia :				

Kategori : Tingkat Kenyamanan Penggunaan Alat				
No.	Parameter	Nilai		
1.	Peletakan Alat	1. Kurang	2. Cukup	3. Sesuai
2.	Berat Alat	1. Berat	2. Sedang	3. Ringan
3.	Keleluasaan gerak alat	1. Kaku	2. Sedang	3. Fleksibel
4.	Kenyamanan Bahan	1. Kurang	2. Sedang	3. Nyaman
5.	Kemudahan melepas/memasang alat	1. Sulit	2. Sedang	3. Mudah

Kategori : Fungsionalitas Alat				
No.	Parameter	Nilai		
1.	Deteksi objek			
	Arah depan	1. Kurang	2. Samar	3. Terasa
	Arah kanan	1. Kurang	2. Samar	3. Terasa
	Arah kiri	1. Kurang	2. Samar	3. Terasa
2.	Respon Perubahan Intensitas Getaran	1. Kurang	2. Samar	3. Terasa
3.	Apa alat dapat digunakan sebagai alternatif bantuan navigasi	1. Tidak	2. Mungkin	3. Dapat

Total Nilai :

Saran untuk pengembangan alat :

Transkrip testimoni :

Gambar 8. Lembar kuesioner untuk tunanetra

Sebelum kuesioner disusun, maka harus melalui prosedur:

1. Merumuskan tujuan yang akan dicapai dengan kuesioner.
2. Mengidentifikasi variabel yang akan dijadikan sasaran kuesioner.
3. Menjabarkan setiap variabel menjadi sub-variabel yang lebih spesifik dan tunggal.
4. Menentukan jenis data yang akan dikumpulkan, sekaligus untuk menentukan teknik analisisnya.

Pembobotan nilai parameter kuesioner :

Bobot nilai : 1 = 0 . 2 = 1. 3 = 2.

Range Rata-rata Total Nilai :

20>= Memuaskan >=16 15>= Baik >11 10 >= Cukup >=5 <5 Belum memuaskan

3.5 Pengujian Kualitatif Terhadap Penyandang Tuna Netra

Pengujian ini dilakukan terhadap 10 orang responden yang diminta untuk mencoba alat berupa sarung tangan sonar. *Feedback* dari peserta pengujian ini berupa kuesioner.

Eksperimen ini hanya mencakup eksperimen uji coba penggunaan sarung tangan dan deteksi objek oleh penyandang tunanetra. Setelah penyandang tunanetra mengujicoba alat, mereka langsung diarahkan untuk interview dan pemberian testimoni (Hasil testimoni terlampir). Eksperimen deteksi objek dilakukan dengan cara mengujicobakan sarung tangan sonar kepada penyandang tunanetra pada suatu ruangan. Penyandang tunanetra mengujicoba dengan cara mengelilingi suatu ruangan, berjalan di suatu halaman, dan mendeteksi suatu halangan berupa tembok, dinding dan kursi.

Hasil pengujian berupa nilai dari kuesioner yang sudah dihitung sebelumnya. Berikut merupakan hasil dari kuesioner.

Tabel 1 Hasil Kuesioner Pengujian Kualitatif Terhadap Penyandang Tuna Netra

No.	Subjek	Total Nilai
1.	Iwan	14
2.	Hani	14
3.	Reza	14
4.	Afrizon	13
5.	Agus	15
6.	Abdul	15
7.	Saefullah	15
8.	Usi	12
9.	Rian	18
10.	Putu	17

Rata-rata Total Nilai : $(14+14+14+13+15+15+15+12+18+17)/(10) = 147/10 = 14.7$

Berdasarkan range rata-rata total nilai, sarung tangan sonar ini berada pada kategori baik. Secara fungsional, sarung tangan sonar sudah berjalan dengan baik, hal ini ditandai dengan kemampuan para tunanetra dalam mendeteksi berbagai objek atau halangan di sekitarnya. Akan tetapi, banyak yang mengeluhkan tentang desain sarung tangan sonar yang tidak praktis untuk digunakan, berukuran besar dan banyak yang berpendapat masih bisa ditingkatkan lagi agar sarung tangan sonar dapat lebih nyaman digunakan oleh tunanetra.

3.6 Pengujian Jarak

Pengujian jarak ini dilakukan pada ketiga buah sensor yang terletak pada sisi kanan, sisi kiri dan depan Sarung Tangan Tuna Netra. Sensor kiri dan kanan menggunakan Sensor Ultrasonik dengan tipe HC SR-04 dan sensor depan menggunakan Sensor Ultrasonik dengan tipe Parallax ping.

Pengujian ini dilakukan dengan cara sarung tangan didekatkan pada dinding tembok bangunan mulai dari jarak lebih dari 1 meter atau mendekati 1 meter. Kemudian sarung tangan digeser semakin dekat dengan tembok hingga motor mulai bergetar. Pada pengujian ini, jarak maksimal pembacaan sensor adalah 1 meter. Sehingga jika sensor mendeteksi jarak yang telah ditentukan, maka motor yang ada pada sensor akan bergetar. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali terhadap ketiga sensor. Namun karena sensor kiri dan kanan menggunakan jenis sensor yang sama yaitu sensor HC SR-04, maka akan dicatat hasil salah satu sensor kiri atau kanan saja. Hal ini dikarenakan hasil yang di dapatkan antara sensor kiri dan kanan adalah sama. Pada intinya pengujian ini dilakukan terhadap 2 sensor yaitu Sensor HC SR-04 dan Sensor Parallax ping. Pada saat sensor membaca jarak dan motor bergetar, maka hasil pembacaan dicatat sebagai bahan analisis pengujian ini.

Berikut merupakan hasil dari pengujian.

Tabel 2 Hasil Pembacaan Sensor Pada Pengujian Jarak

Hasil Pembacaan Jarak Sensor HC SR-04 (centi meter)	Hasil Pembacaan Jarak Sensor Parallax ping (centi meter)
85 cm	86 cm
84 cm	88 cm
84 cm	86 cm
85 cm	87 cm
84 cm	85 cm

Pada hasil pengujian, terlihat bahwa jarak pada saat motor mulai bergetar kurang dari 1 meter. Hal ini dikarenakan tegangan yang diberikan pada motor saat jarak 1 meter sampai dengan motor akan bergetar, tidak cukup untuk menggerakkan motor meskipun sensor telah mulai mendeteksi halangan pada saat jarak sensor dan objek mencapai 1 meter. Tegangan yang kurang ini dikarenakan pada program digunakan fungsi *mapping* yang terdapat pada arduino. Sehingga tegangan akan berubah sesuai dengan jarak yang dideteksi.

3.7 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi ini juga dilakukan pada ketiga buah sensor ultrasonik seperti pada pengujian jarak. Namun, karena Sensor kiri dan kanan menggunakan tipe sensor Ultrasonik yang sama, maka pengujian hanya dilakukan pada salah satu sensor tipe HC SR-04 dan sensor depan dengan tipe Parallax ping.

Pengujian akurasi ini dilakukan dengan cara meletakkan sensor pada jarak yang telah ditentukan dari objek. Jarak yang telah ditentukan untuk melakukan pengujian ini adalah pada jarak 35 cm, 70 cm, dan 100 cm. Jarak yang ditentukan harus berada pada *range* yang dapat terbaca oleh sensor. *Range* sensor yang sebenarnya sejauh 5 cm sampai 3 m. Tetapi pada program yang dibuat, jarak terjauh yang bisa terbaca oleh sensor dibatasi sampai 1 m. Sehingga jarak yang ditentukan pada pengujian ini berada pada *range* 5 cm sampai dengan 1 m.

Pertama, letakkan sensor pada jarak yang ditentukan didepan objek (dinding bangunan). Kemudian sarung tangan sonar dihubungkan dengan perangkat komputer yang telah terpasang Arduino IDE. Selanjutnya jarak pembacaan sensor pada *Serial monitor* Arduino IDE dicatat untuk dibandingkan dengan jarak aktual yang ditentukan. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali terhadap masing-masing tipe Sensor Ultrasonik.

Hasil Pengujian Akurasi Sensor HC SR-04 dan Sensor Parallax ping:

Tabel 3 Hasil Pembacaan Jarak pada *Serial monitor* Arduino IDE

HC-SR04			Parallax Ping		
35 (cm)	70 (cm)	100 (cm)	35 (cm)	70 (cm)	100 (cm)
32	69	99	34	68	96
34	70	96	33	69	97
35	69	97	33	69	98
34	70	98	35	68	96
35	70	97	35	70	100

Pada hasil pengujian terlihat bahwa jarak aktual dan jarak yang terbaca pada *serial monitor* Arduino IDE tidak selalu sama. Hal ini disebabkan karena konversi pembacaan sensor ke satuan centimeter. Juga terdapat pembulatan pada konversi untuk memudahkan fungsi *mapping* dan meringankan kerja dari program. Namun, dari hasil perhitungan rata – rata dan tingkat akurasi rata – rata yang mencapai 97.98% pada HC SR-04 dan 97.6% pada Parallax PING, maka kinerja sensor dan program masih dapat dikatakan cukup akurat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan ujicoba sistem Pengembangan Sarung Tangan Sonar sebagai Alternatif Alat Bantu Navigasi Bagi Tunanetra menggunakan Arduino yang telah diuji, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, antara lain:

1. Sarung tangan sonar ini berada pada kategori baik. Secara fungsional, sarung tangan sonar sudah berjalan dengan baik, hal ini ditandai dengan kemampuan para tunanetra dalam mendeteksi berbagai objek atau

halangan di sekitarnya. Para tunanetra merasa terbantu dengan adanya getaran pada sarung tangan yang menandakan terdeteksinya objek di hadapan pengguna.

2. Pada saat jarak 1 meter, motor belum mulai bergetar. Hal ini dapat dikarenakan tegangan yang diberikan pada motor saat jarak 1 meter, belum mencukupi untuk menggerakkan motor.
3. Sensor sudah cukup akurat dalam mengukur jarak. Hasil perhitungan tingkat akurasi rata – rata mencapai 97.98% pada HC SR-04 dan 97.6% pada Parallax PING. Perbedaan pada jarak aktual dengan jarak yang terbaca pada serial monitor arduino IDE lebih disebabkan karena proses konversi dan pembulatan.

4.2 Saran

Pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut, diantaranya adalah :

1. Untuk mendapatkan hasil terbaik dari sistem yang telah diimplementasikan, pengembangan dapat berupa penambahan nilai fungsi seperti perbaikan desain menjadi lebih praktis dan lebih nyaman, serta perubahan ukuran menjadi lebih kecil, sehingga tidak rentan terjadi kerusakan pada alat.
2. Proses mapping pada program dapat diperbaiki agar lebih akurat, sehingga motor dapat mulai bergetar pada jarak 1 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artikel non-personal (2014). *Actuator*. [Online]. Tersedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Actuator> [19 Mei 2014].
- [2] Artikel non-personal (2014). *Sensor*. [Online]. Tersedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sensor> [19 Mei 2014].
- [3] Budi Nugroho, Anung. 2011. *Perancangan Tongkat Tuna Netra Menggunakan Teknologi Sensor Ultrasonik Untuk Membantu Kewaspadaan dan Mobilitas Tuna Netra*. Skripsi Strata I Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] Cheeke, J. David N. 2002. *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves*. CRC Press
- [5] Djunaedi, S.Pd.I. (2010). *TAHUN 2020 JUMLAH TUNA NETRA DUNIA MENJADI 2X LIPAT*. [Online]. Tersedia: <http://rehsos.kemsos.go.id/modules.php?name=News&file=article&sid=1077> [19 Mei 2014].
- [6] Hersh, A. Marion, Johnson, A. Michael. 2008. *Technology for Visually Impaired and Blind People*. Springer.
- [7] Oey, H., Mellert, V. 2007. *Vibration Thresholds and Equal Vibration Levels at The Human Fingertip and Palm*. Faculty for Mathematics and Natural Science, Institute for Physics - Acoustics Group Oldenburg University, Germany : Paper.
- [8] Saris, E. William, Gallhofer, I.N. 2007. *Design, Evaluation, and Analysis Of Questionnaires For Survey Research*. 2007. John Wiley & Sons Publication.
- [9] Schmidt, Maik. 2011. *Arduino a Quick Start Guide*. The Pragmatic Bookshelf.

