Rancang Bangun Rompi Pintar Menggunakan Sensor Jarak untuk Penyandang Tunanetra

Agung Prasetya Adi[1], Tukadi[2], Weny Mistarika Rahmawati[3]*
Prodi Teknik Informatika, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]*
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya[3]
*(*Penulis Korespondensi : tukadi@itats.ac.id)*

ABSTRACT

Blind people are individuals whose sense of sight (both) does not function as a channel for receiving information in daily activities like normal people. Blind people experience various problems related to human life that affect social welfare for themselves, their families and the community. In addition, they also have difficulty in finding directions from one place to another. So, many blind people have a harder time memorizing how to get from one place to another. Therefore, what has been explained in this study will be designed as a vest to assist the activities of blind people. The vest to assist the blind is equipped with an ultrasonic sensor based on Arduino Uno. The system testing was calculated using Quality of Service (quality of service) testing, which consisted of three parameters. First, the throughput obtained is bytes/s classified into the Very Poor (Low) Category for using the Smart Vest Assistive Device System for the blind. Furthermore, the delay obtained an average value classified into the Very Good (Best) Category for the Smart Vest Assistive Device System for the blind. Finally, the jitter obtained a value classified into the Very Good (Perfect) Category for the Smart Vest Assistive Device System for the blind.

Article History

Received : 21-04-2025
Revised : 26-04-2025
Accepted : 26-04-2025

Keywords

Blind Assist Vest,
Ultrasonic Sensor,
Arduino Uno,
Quality of Service (QOS)

ABSTRAK

Tunanetra merupakan individu yang indra penglihatannya (kedua-duanya) tidak berfungsi sebagai saluran penerima informasi dalam kegiatan sehari-hari seperti orang normal. Penyandang tunanetra mengalami berbagai permasalahan berkaitan dengan segi kehidupan manusia yang mempengaruhi kesejahteraan sosial bagi diri sendiri, keluarga dan masyarakat. Selain itu mereka juga kesulitan dalam mencari arah jalan dari satu tempat ke tempat lainnya. Sehingga banyak penyandang tunanetra lebih keras dalam menghafal jalan untuk menuju satu tempat ke tempat lainnya. Dan menggunakan tongkat tang depan mendeteksi rintangan. Maka dari itu yang sudah dipaparkan pada penelitian ini akan dirancang sebuah rompi bantu tunanetra untuk membantu aktivitas penyandang tunanetra. Rompi bantu tunanetra dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan berbasis arduino uno. Pengujian sistem yang dilakukan dihitung menggunakan pengujian Quality of Service (QoS) terdiri dari tiga parameter. Yang pertama, throughput yang diperoleh adalah byte/s digolongkan kedalam Kategori Sangat Jelek (Low) untuk penggunaan Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra. Selanjutnya, delay didapatkan nilai rata–rata sebesar digolongkan kedalam Kategori Sangat Bagus (Best) untuk Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra. Terakhir, jitter didapatkan nilai sebesar yang digolongkan kedalam Kategori Sangat Baik (Perfect) untuk Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra.

PENDAHULUAN

Bidang teknologi bantuan telah menyaksikan lonjakan solusi inovatif yang ditujukan untuk meningkatkan kehidupan individu dengan gangguan penglihatan, dengan penekanan utama pada pengembangan mobilitas yang lebih besar, memastikan peningkatan keselamatan, dan mempromosikan kemandirian secara keseluruhan dalam aktivitas sehari-hari [1]. Kemajuan teknologi, terutama di bidang komputasi seluler, menghadirkan peluang untuk menawarkan dukungan teknis, sehingga meningkatkan kualitas hidup dan memfasilitasi integrasi yang lebih baik ke dalam masyarakat bagi individu dengan gangguan penglihatan [2]. Diperkirakan 40 hingga 45 juta orang di seluruh dunia mengalami kebutaan total, dan 135 juta lainnya memiliki penglihatan rendah [1]. Menavigasi lingkungan menghadirkan tantangan yang signifikan bagi individu dengan gangguan penglihatan, yang sering menghadapi rintangan yang dapat menyebabkan kecelakaan dan

cedera; tantangan ini menggarisbawahi kebutuhan kritis akan perangkat bantuan yang efektif yang dapat meningkatkan kesadaran spasial dan kemampuan navigasi mereka [3]. Perkembangan terkini dalam teknologi bantuan difokuskan pada pembuatan perangkat yang dapat memberikan umpan balik secara langsung tentang lingkungan sekitar, sehingga memungkinkan individu dengan gangguan penglihatan untuk bernavigasi dengan lebih percaya diri dan aman[4]. Solusi ini berkisar dari alat yang dapat diterapkan secara universal hingga alat yang secara khusus dirancang untuk mengatasi tantangan unik yang ditimbulkan oleh gangguan penglihatan[5].Meskipun ada kemajuan yang cukup besar, peningkatan ilmiah dan teknis yang sedang berlangsung terus menawarkan jalan baru untuk mengatasi berbagai kebutuhan navigasi bagi para tuna netra dan tuna netra [6].

Salah satu area yang menjadi fokus khusus adalah pengembangan perangkat yang dapat dikenakan yang dapat mendeteksi rintangan dan memberikan peringatan kepada pengguna. Tujuan utama dari perangkat ini adalah untuk mengurangi risiko yang terkait dengan mobilitas, sehingga memungkinkan individu dengan gangguan penglihatan untuk bergerak bebas dan percaya diri di lingkungan yang dikenal maupun tidak dikenal [4]. Penggunaan sensor jarak, seperti sensor ultrasonik dan sensor inframerah, telah menjadi semakin populer dalam aplikasi ini karena kemampuannya untuk mengukur jarak ke objek di dekatnya secara akurat. Sensor ini bekerja dengan memancarkan sinyal (baik ultrasonik maupun inframerah) dan mengukur waktu yang dibutuhkan sinyal untuk kembali setelah memantul dari suatu objek. Dengan menganalisis waktu tempuh, perangkat dapat menghitung jarak ke objek dan memberikan peringatan yang tepat kepada pengguna [7]. Untuk memenuhi berbagai kebutuhan individu dengan gangguan penglihatan, banyak perangkat bantu yang mengintegrasikan berbagai fungsi, seperti navigasi, komunikasi, deteksi objek, dan pengenalan objek [8]. Teknologi bantu yang dapat diterapkan secara universal juga dapat disesuaikan secara khusus untuk memenuhi kebutuhan individu dengan gangguan penglihatan. Integrasi fitur-fitur ini ke dalam satu perangkat dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan dan melakukan tugas sehari-hari[9]. Salah satu inovasi yang menjanjikan di bidang ini adalah pengembangan rompi pintar yang dilengkapi dengan sensor jarak. Rompi pintar ini dirancang untuk dikenakan oleh individu dengan gangguan penglihatan dan memberikan umpan balik waktu nyata tentang lingkungan sekitar mereka melalui sensor yang berbeda dan menggunakan teknologi IoT untuk memberikan peringatan kepada pengguna [10].

Rancangan rompi pintar menggabungkan serangkaian sensor jarak strategis yang ditempatkan di seluruh rompi untuk mendeteksi rintangan di berbagai arah [11]. Sensor ini terus-menerus memindai lingkungan dan mengirimkan data ke mikrokontroler, yang memproses informasi dan memberikan umpan balik kepada pengguna melalui isyarat getaran atau sinyal audio. Isyarat getaran dapat digunakan untuk menunjukkan jarak dan arah rintangan, sementara sinyal audio dapat memberikan informasi yang lebih rinci tentang lingkungan sekitar [12]. Integrasi rompi pintar bertujuan untuk memberikan peningkatan substansial dalam kesadaran spasial bagi individu dengan gangguan penglihatan, yang pada gilirannya meningkatkan kemampuan mereka untuk menavigasi lingkungan dengan peningkatan keamanan dan kepercayaan diri, dan juga meminimalkan potensi kecelakaan dan cedera.

Dalam penelitian ini dibangun Rompi bantu tunanetra dilengkapi dengan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik bekerja sebagai mata tunanetra. Transmitter pada sensor ultrasonic mengirim sinyal pada jarak jangkauan sensor, apabila terdapat halangan pada jarak jangkauan maka sinyal akan memantul kemudian diterima oleh receiver pada sensor ultarsonik. Kemudian rompi bantu tunanetra mengeluarkan peringatan berupa suara (buzzer) serta getar apabila terdapat halangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonic adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu obyek atau benda tertentu di depan frekuensi kerja pada daerah di atas gelombang suara dari 20 khz hingga 2 MHz. (Arief, 2011). Sensor ultrasonic terdiri dari penerima struktur sederhana sebuah

ISSN: 2774-4345, DOI: 10.31284/j.kernel.2024.v5i1.7629

Kristal piezoelectric dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma pengantar tegangan bolak balik yang memiliki frekuensi kerja 20KHz hingga 2MHz. (Arief, 2011).

Sensor ultrasonic adalah sensor yang mengubah besaran Fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Pada sensor ini gelombang ultrasonic dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut piezoelectric. Piezoelectric ini akan menghasilkan gelmbang ultrasonic dengan frekuensi 40KHz ketika sebuah asilator diterapkan pada benda tersebut. Sensor ultrasonic secara umum digunakan untuk suatu pengungkapan tak sentuh yang beragam seperti aplikasi pengukur jarak. alat ini secara umum memancarkan gelombang suara ultrasonic menuju suatu target yang memantulkan baik gelombang ke arah sensor. Kemudian system mengukur waktu yang diperlukan untuk pemancaran gelombang sampai kembali ke sensor dan menghitung jarak target menggunakan kecepatan suara dalam medium. Rangkaian penyusun sensor ultrasonic terdiri dari transmitter, receiver, dan komprator

Arduino

Arduino Nano adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega 328 atau ATmega 168. Arduino Nano memiliki fungsi sama dengan Arduino Duemilanove tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech. (Ihsan: 2016, 1).

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 Volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis dipilh dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDI FT232L pada Arduino Nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB, ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka Chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3V tidak tersedia.

Masing-masing dari 14 pin digital pada Arduino Nano dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi pinMode(), digitWrite(), dan digitalRead(). Semua pin beroperasi pada tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal sebesar 20-50 KOhm. Arduino Nano memiliki pin 8 pin sebagai input analog, diberi label A0 sampai dengan A7, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit. Secara default pin ini dapat diukur atau diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi analog Reference(). pin analog 6 dan 7 tidak dapat digunakan sebagai pin digital.

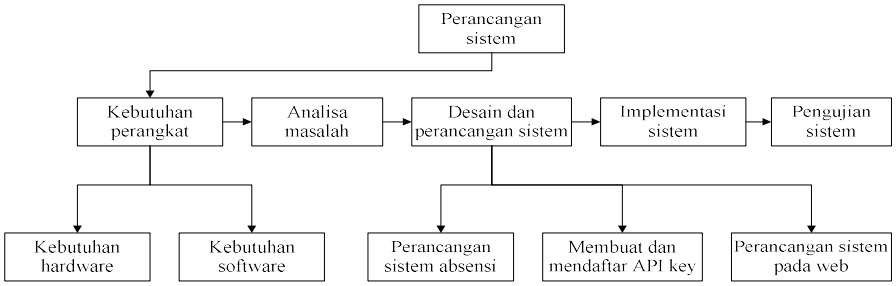
Koneksi Dfplayer dan Arduino o

Komunikasi Dfplayer dan Arduino adalah dengan memanfaatkan Rx dan Tx pada masing-masing perangkat. Fungsi dari Rx dan Tx adalah untuk mengirim dan menerima data pada perangkat. Untuk pengeras suara dengan ditambahkan amplifier dan port untuk headset. Komunikasi juga bisa menggunakan kabel serial sebagai pengirim data. Perangkat mempunyai tegangan 5V/1A.

ISSN: 2774-4345, DOI: 10.31284/j.kernel.2024.v5i1.7629

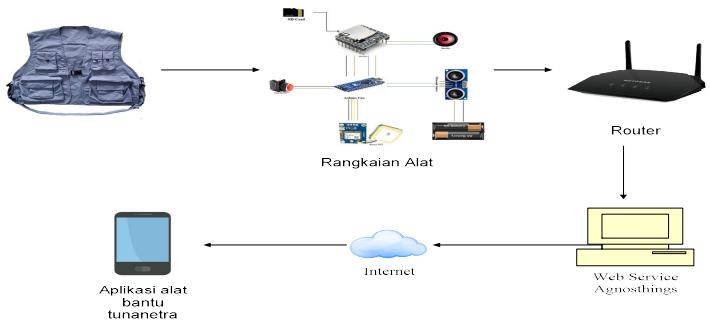
METODE

Analisis dan perancangan sistem ini dibuat untuk melakukan perancangan pada sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra. Gambar 1 merupakan blok diagram proses penelitian yang dilakukan sebagai acuan agar sistem ini berjalan dengan baik.



Gambar 1. Blok diagram Perancangan sistem

Sistem yang menjadi topik dalam penelitian ini adalah sistem Alat Bantu Rompi Pintar untuk penyandang tunanetra. Sistem ini dipasang pada rompi dengan menggunakan beberapa hardware di antaranya Sensor ultrasonic, DFPlayer, Speaker yang telah dihubungkan dengan Arduino uno dan dapat di monitoring menggunakan aplikasi android, rancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 2.

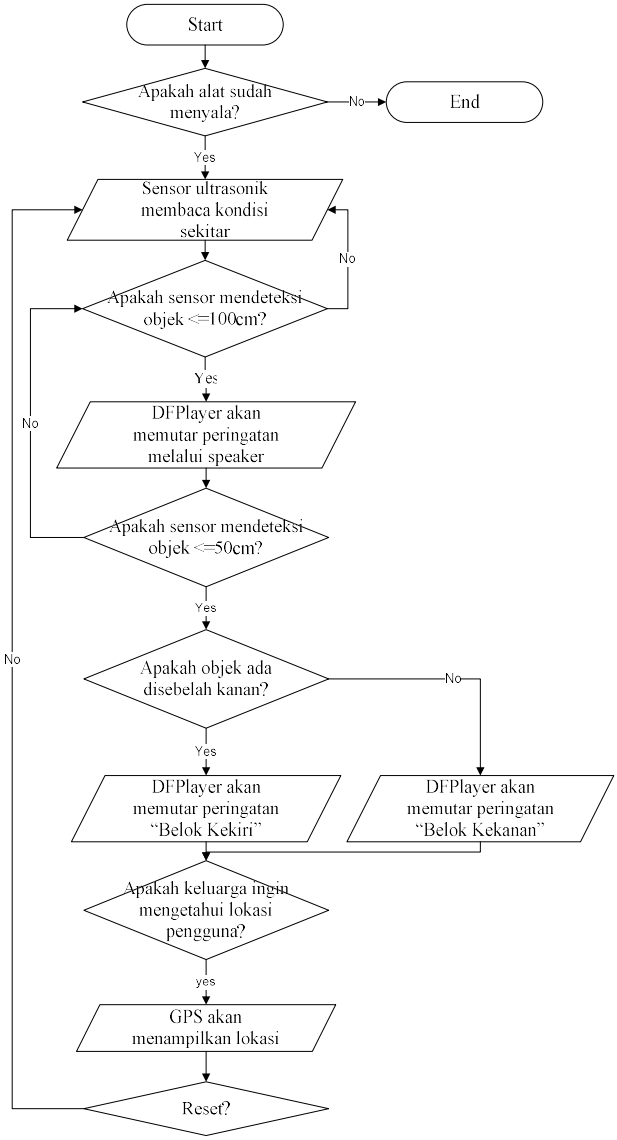


Gambar 2. Rancangan sistem

Gambar 2 merupakan gambaran secara umum sistem Alat Bantu Rompi Pintar untuk penyandang tunanetra, dimana sensor ultrasonik mendeteksi objek disekitar pengguna. Kemudian DFPlayer akan memberi peringatan sesuai dengan jaraknya melalui Speaker. Jika sensor ultrasonik menerima sinyal objek kurang dari sama dengan 100cm maka speaker akan memutar suara yang menjelaskan bahwa 100cm kedepan terdapat halangan. Jika sensor ultrasonik menerima sinyal objek kurang dari sama dengan 50cm maka speaker akan memutar suara yang menjelaskan bahwa 50cm kedepan terdapat halangan. Terdapat push button yang dapat digunakan untuk menyalakan dan mematikan alat bantu. Modul GPS untuk mengetahui lokasi dimana pengguna berada. Untuk daya alat ini menggunakan battery. Prinsip kerja alat ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3 merupakan prinsip kerja alat Sistem Alat Bantu Rompi Pintar untuk penyandang tunanetra, dimana sensor ultrasonik mendeteksi objek disekitar pengguna. Kemudian DFPlayer akan memberi peringatan sesuai dengan jaraknya melalui Speaker. Jika sensor ultrasonik menerima sinyal objek kurang dari sama dengan 100cm maka speaker akan memutar suara yang menjelaskan bahwa 100cm kedepan terdapat halangan. Jika sensor ultrasonik menerima sinyal objek kurang dari sama dengan 50cm maka speaker akan memutar suara yang menjelaskan bahwa 50cm kedepan terdapat halangan. Jika sensor ultrasonik mendeteksi objek disebelah kanan maka speaker akan memutar suara “belok kiri” namun jika tidak maka speaker akan memutar suara “belok kanan”. Terdapat push button yang dapat digunakan untuk menyalakan dan mematikan alat bantu. Jika keluarga ingin mengetahui lokasi pengguna maka modul GPS akan menampilkan lokasi. Untuk daya alat ini menggunakan battery.

ISSN: 2774-4345, DOI: 10.31284/j.kernel.2024.v5i1.7629

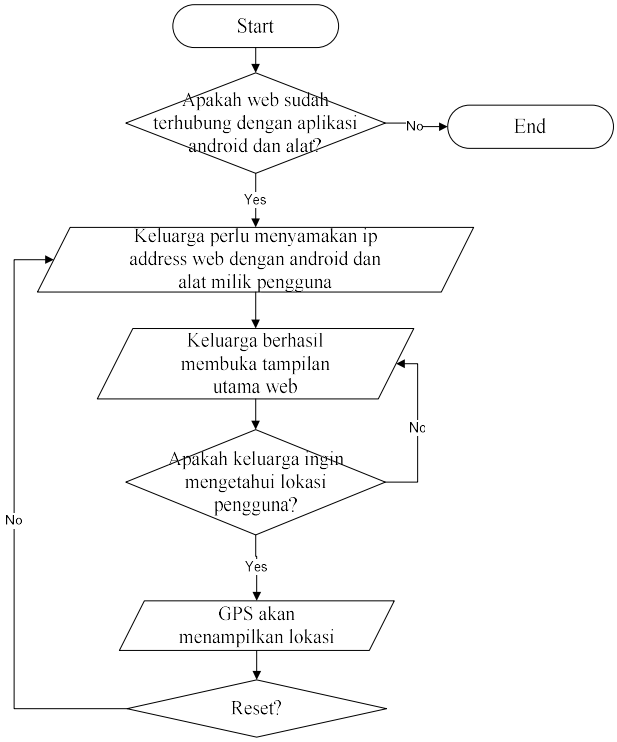


Gambar 3. Prinsip kerja alat

Perancangan desain aplikasi web ini ditujukan khusus hanya untuk keluarga. Pembuatan aplikasi web ini bertujuan untuk membantu keluarga untung memantau keberadaan pengguna saat menggunakan alat rompi pintar yang telah dirancang, sehingga apabila pengguna tersesat keluarga bisa mengetahuinya. Aplikasi web ini akan didesain menggunakan software notepad++. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa PHP dan HTML. Prinsip kerja aplikasi web ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 merupakan prinsip kerja aplikasi web Sistem Alat Bantu Rompi Pintar untuk penyandang tunanetra, dimana aplikasi web ini hanya ditujukan untuk keluarga dari pengguna untuk memantau pengguna dari jarak jauh. Untuk menggunakan aplikasi web ini keluarga harus terlebih dahulu menghubungkan aplikasi web dengan aplikasi android dan alatnya, jika tidak maka aplikasi web ini tidak dapat digunakan. Keluarga hanya perlu menyamakan ip address aplikasi web dengan ip address aplikasi android dan alat milik pengguna. Jika ip address berhasil disamakan maka otomatis akan menampilkan tampilan utama dari aplikasi web ini. Kemudian apakah keluarga ingin mengethui lokasi pengguna. Jika ya maka GPS akan menampilkan lokasi pengguna saat itu berada. Jika tidak maka akan tetap pada tampilan utama.

ISSN: 2774-4345, DOI: 10.31284/j.kernel.2024.v5i1.7629



Gambar 4. Prinsip kerja dalam aplikasi Wb

Pada tahap pengujian QoS (*Quality of Service*), terdapat standar *Quality of Service* (QOS) salah satunya adalah *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Network* (TIPHON) yang dikeluarkan oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institude*). (Pamungkas, 2018). Ada beberapa parameter dari Quality of Service (QOS, diantaranya:

1. *Throughput, Throughput* merupakan kecepatan transfer data. Throughput adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Persamaan perhitungan throughput:

$$Throughput = \frac{Ju \quad data\ yang\ dikirim}{Waktu\ pengiriman\ data} \quad (1)$$

2. *Delay*, *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan sebuah data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Persamaan perhitungan delay:

$$Delay\ (s) = \frac{Total\ delay}{Total\ paket\ yang\ diterima} \quad (2)$$

3. *Jitter*, *Jitter* adalah variasi delay, yang disebabkan oleh variasi – variasi panjang antrian dalam waktu mengolah data. Persamaan perhitungan jitter:

$$Jitter = \frac{Total\ variasi\ delay}{Total\ paket\ yang\ diterima} \quad (3)$$

$$Total\ variasi\ delay = Delay - (Rata - rata\ delay) \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan dua thap, dimana spesifikasi hardware yang digunakan dalam pengujian adalah :

- Uji coba dilakukan dengan menggunakan Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut :
  1. Processor – Core i5–930H
  2. Memory RAM 8 GB
  3. Sistem Operasi Windows 10
- Untuk pengujian android dilakukan dengan menggunakan smartphone dengan spesifikasi sebagai berikut:
  1. Versi android 10.0 Nougat
  2. RAM 8 GB
  3. Qualcomm SM7 125 Snapdragon 720G (8nm) Octa-core

Pengujian sistem pada implementasi Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra ini dilakukan menggunakan pengujian QoS. Adapun parameter QoS yang digunakan dalam pengukuran meliputi : *Throughput, Delay*, dan *Jitter*. Adapun metode pengambilan dataset yaitu :

a. Waktu pengambilan data dibatasi hingga 2 menit.
b. Perangkat lunak yang digunakan adalah wireshark.
c. Pengukuran QoS dilakukan pada parameter delay, jitter, dan throughput.

Hasil pengujian yang dilakukan pada saat alat sedang dijalankan melalui perangkat lunak wireshark. Wireshark memungkinkan untuk mengamati data yang ada di disk, dan langsung melihat dan mensortir data yang tertangkap pada troubleshooting jaringan. Hasil pengujian oleh *wireshark* ditunjukkan pada Gambar 5.

Statistics

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	11593	11593 (100.0%)	—
Time span, s	255.562	255.562	—
Average pps	45.4	45.4	—
Average packet size, B	604	604	—
Bytes	7001534	7001534 (100.0%)	0
Average bytes/s	27 k	27 k	—
Average bits/s	219 k	219 k	—

Gambar 5. Hasil *Capture Wireshark*

Pengujian *Throughput*, *Throughput* adalah kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps, yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Besar Throughput

TIPHON QoS Class	***Overall Transmission Quality Rating***
Sangat Bagus (*Best*)	$> 90\ ms$
Bagus (*High*)	$80\ -89\ ms$
Jelek (*Medium*)	$70\ -79ms$
Sangat Jelek (*Low*)	$60-69\ ms$

Pengujian *Delay*, *Delay* adalah waktu tunda saat paket dikirim yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Besar *Delay*

TIPHON QoS Class	***Network Delay Requirements***
Sangat Bagus (*Best*)	$< 150\ ms$
Bagus (*High*)	$< 250\ ms$
Jelek (*Medium*)	$< 350\ ms$
Sangat Jelek (*Low*)	$< 450ms$

Pengujian *Jitter, Jitter* adalah variasi delay yang diakibatkan oleh panjang queue dalam suatu pengolahan data dan reassemble paket – paket data diakhir pengiriman akibat kegagalan sebelumnya.

ISSN: 2774-4345, DOI: 10.31284/j.kernel.2024.v5i1.7629

Tabel 3. Kategori Jitter

Degradation Category	***Peak Jitter***
Sangat Bagus (*Perfect*)	$0\ ms$
Bagus (*Good*)	$75ms$
Jelek (*Medium*)	$125ms$
Sangat Jelek (*Poor*)	$225ms$

KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : 1. Sensor ultrasonik yang diaplikasikan rompi tunanetra dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan yaitu dapat mengetahui halangan di depan, atas, bawah pada jarak terdekat 50 cm. Sensor ultrasonik ini dapat mendeteksi apakah halangan berada dikiri atau kanan pengguna sehingga pengguna dapat menghindar dengan berbelok ke arah yang berlawanan dengan halangan; 2. DFPlayer mp3 module dapat memberikan pemberitahuan pengguna dalam bentuk suara dengan menyebutkan jarak halangan depan, atas atau bawah. Module ini juga dapat memberitahukan pengguna untuk memilih berbelok ke kanan atau kekiri saat terdapat halangan; 3. GPS dapat bekerja sebagaimana semestinya dengan menampilkan map keberadaan pengguna berada. Dimana tampilan GPS tersebut dapat langsung ditampilkan pada aplikasi android yang telah dirancang. GPS ini juga dapat menampilkan waktu pengguna saat menggunakan rompi tersebut. 4. Pengujian sistem yang dilakukan dihitung menggunakan pengujian QoS terdiri dari tiga parameter. Yang pertama, throughput yang diperoleh adalah 3104,0396 byte/s digolongkan kedalam Kategori Sangat Bagus (Best) untuk penggunaan Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra. Kedua, delay didapatkan nilai rata–rata sebesar 0,00408719 ms digolongkan kedalam Kategori Sangat Bagus (Best) untuk Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra. Ketiga, jitter didapatkan nilai sebesar 0 ms yang digolongkan kedalam Kategori Sangat Baik (Perfect) untuk Sistem Alat Bantu Rompi Pintar bagi penyandang tunanetra.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Velázquez, “Wearable Assistive Devices for the Blind,” in Lecture notes in electrical engineering, Springer Science+Business Media, 2010, p. 331. doi: 10.1007/978-3-642-15687-8_17.

[2] A. Benabid, A. Al-Issa, and M. Hosny, “Dynamic indoor path planning for the visually impaired,” Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, vol. 34, no. 9, p. 7014, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2022.03.004.

[3] A. Paramarthalingam, J. Sivaraman, P. Theerthagiri, B. Vijayakumar, and V. Baskaran, “A deep learning model to assist visually impaired in pothole detection using computer vision,” Decision Analytics Journal, vol. 12, p. 100507, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.dajour.2024.100507.

[4] M. D. Messaoudi, B.-A. J. Ménélas, and H. Mcheick, “Review of Navigation Assistive Tools and Technologies for the Visually Impaired,” Sensors, vol. 22, no. 20. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, p. 7888, Oct. 17, 2022. doi: 10.3390/s22207888.

[5] E. Pissaloux, “Mini-Review of Technologies for Mobility of the Visually Impaired,” Biomedical Journal of Scientific & Technical Research, vol. 9, no. 1, Sep. 2018, doi: 10.26717/bjstr.2018.09.001732.

[6] S. Real and Á. Araújo, “Navigation Systems for the Blind and Visually Impaired: Past Work, Challenges, and Open Problems,” Sensors, vol. 19, no. 15. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, p. 3404, Aug. 02, 2019. doi: 10.3390/s19153404.

[7] A. Hojjat, “Enhanced navigation systems in GPS denied environments for visually impaired people: A Survey,” arXiv (Cornell University), Jan. 2018, doi: 10.48550/arxiv.1803.05987.

[8] K. Patel and B. Parmar, “Assistive device using computer vision and image processing for visually impaired; review and current status,” Disability and Rehabilitation Assistive

Technology, vol. 17, no. 3. Taylor & Francis, p. 290, Jul. 01, 2020. doi: 10.1080/17483107.2020.1786731.

[9] R. B. Frazila and F. Zukhruf, "Exploring physical attributes of walkability from perspective of blind pedestrians," MATEC Web of Conferences, vol. 147, p. 2002, Jan. 2018, doi: 10.1051/matecconf/201814702002.

[10] "ilovepdf_merged (4).pdf."

[11] V. K. Bakti, A. Sutanto, and A. Basit, "Sistem Monitoring Ruang Data Center Kombinasi Multi Sensor dengan Application Programming Interface (API) Tuya," Smart Comp Jurnalnya Orang Pintar Komputer, vol. 12, no. 3, p. 806, Jul. 2023, doi: 10.30591/smartcomp.v12i3.5306.

[12] S. Weya, Z. B. Hasanuddin, and A. L. Arda, "Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis Wireless Sensor Network Di Kecamatan Sentani Jayapura," Inspiration Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 9, no. 2, Dec. 2019, doi: 10.35585/inspir.v9i2.2513.