

Alat Bantu Koordinasi Jarak Dan Posisi Disabilitas Netra Berbasis Radio Frekuensi Menggunakan *Haversine-Bearing*

Tata Supriyadi¹, Budi Setiadi², Sarjono Wahyu Jadmiko³, Sudrajat⁴, T. B. Utomo⁵,
Luthfi Nur Fadhillah⁶, Moch. Firdan Fescara⁷

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

^{6,7} Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

JL. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat 40559, Indonesia

Email: budi.setiadi@polban.ac.id

Received 3 Juni 2022 | Revised 15 Juni 2022 | Accepted 25 Juni 2022

ABSTRAK

Aplikasi talkback pada gawai android mengharuskan tersedia pulsa atau data internet serta penggunaan tongkat konvensional tidak dapat berkomunikasi antar sesama pengguna disabilitas netra. Penelitian ini membuat alat bantu komunikasi antar disabilitas dengan luaran informasi jarak dan posisi sudut. Setiap alat bantu menghasilkan koordinat titik latitude longitude dari Global Positioning System (GPS). Data koordinat titik antar alat bantu saling dikirim menggunakan radio frekuensi Long Range (LoRa). Kedua koordinat titik diolah menggunakan algoritma Haversine untuk menghasilkan jarak. Sedangkan algoritma Bearing digunakan untuk menghasilkan posisi sudut dengan referensi utara dari sensor kompas. Rata-rata kesalahan jarak tanpa halangan 2,41 m, dengan halangan 4,78 m, pada Received Signal Strength Indicator (RSSI) -107,55 dBm. Kesalahan sudut tanpa halangan 14,52^o, dengan halangan 24,51^o pada RSSI -102,1 dBm.

Kata kunci: jarak, sudut, haversine, bearing

ABSTRACT

The talkback application on android devices requires that credit or internet data be available and the use of conventional sticks cannot communicate between users with visual impairments. This study makes communication aids between disabilities with the output of distance and angle position information. Each tool generates latitude longitude coordinates from the Global Positioning System (GPS). The coordinates of the points between the tools are sent to each other using Long Range (LoRa) radio frequencies. Both point coordinates are processed using the Haversine algorithm to produce distances. While the Bearing algorithm is used to generate an angular position with a north reference from the compass sensor. The average distance error without an obstacle 2.41 m, with obstacle is 4.78 m on the Received Signal Strength Indicator (RSSI) -107.55 dBm. Angle error without an obstacle 14.52^o, with obstacle is 24.51^o, on RSSI -102.1 dBm.

Keywords: distance, angle, haversine, bearing

1. PENDAHULUAN

Merujuk siaran pers Perhimpunan Tunanetra Indonesia (Pertuni) berkenaan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, perihal perkiraan Penyandang Disabilitas Sensorik Netra (PDSN) di Indonesia mencapai 1,5% dari total jumlah penduduk. Jika asumsi jumlah penduduk Indonesia saat ini 250 juta untuk kategori dewasa ke atas, berarti sedikitnya terdapat sekitar 3,75 juta PDSN, baik dengan kategori buta total maupun *low vision*. Berdasarkan data lapangan yang didapat, PDSN mengalami kesulitan berkomunikasi dengan sesamanya, dan merasa minder dalam beraktifitas ditempat umum [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan alat bantu yang mampu membuat PDSN menjadi manusia tangguh, mandiri serta nyaman dalam melakukan aktivitas kesehariannya tanpa pendamping (bantuan orang, binatang). PDSN dapat berkomunikasi melalui alat bantu berkenaan informasi jarak dan posisi sudut terhadap sesamanya.

Penelitian terkait alat bantu tongkat elektronik untuk PDSN dalam aktivitas kesehariannya telah banyak dilakukan. Mulai dari fitur tongkat yang dapat memberikan informasi titik koordinat lokasi PDSN [2]–[4], [8], [9] dan fitur mendeteksi objek [2]–[7]. Kombinasi penggunaan modul GPS dan sensor deteksi objek dalam satu sistem. Modul GPS digunakan untuk mendapatkan titik koordinat lokasi PDSN dan sensor ultrasonik, *proximity* untuk deteksi objek [2]–[4]. Titik koordinat *latitude longitude* dari modul Global Position System (GPS) ditransmisikan ke PDSN [3] melalui fasilitas *Short Message Service* (SMS) ke gawai pendamping, maupun sebaliknya menerima pesan dari gawai pendamping (perintah untuk mengirim koordinat lokasi PDSN) [2], [4]. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi objek di depannya dan menginformasikan dalam bentuk bunyi *beep* ketika jarak tongkat terhadap objek < 1 m [2]. Ketiga sensor *proximity* berfungsi untuk mendeteksi objek di depan, kanan, dan kiri. Arduino menerima data dari sensor dan diprogram untuk jarak objek yang terdeteksi < 30 cm akan dilanjutkan untuk disampaikan ke PDSN berupa suara. Rekaman kombinasi suara (objek depan, depan kanan, depan kiri, kanan kiri, depan kanan kiri, dan koordinat posisi *latitude longitude*) tersimpan dalam bentuk mp3 di *DF-player*. Pemilihan rekaman suara yang diaktifkan berdasarkan hasil pengolahan data sensor di arduino. Selanjutnya diinformasikan ke PDSN dalam bentuk pemutaran rekaman suara ke *headset* melalui penguat *amplifier* dan *audio bluetooth transmitter*. Penggunaan *headset* dimaksudkan untuk meminimalisir kebisingan suara pada saat kondisi bising dan hujan [3]. Kombinasi sensor ultrasonik dan air. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi objek didepan dan sensor air untuk mendeteksi kondisi *track*. Mikrokontroler menerima data dari kedua sensor dan diprogram untuk jarak objek yang terdeteksi < 200 cm serta kondisi *track* kering atau basah. Selanjutnya data hasil pengolahan mikrokontroler disampaikan ke PDSN berupa suara (speaker) dan getaran. Rekaman kombinasi suara (objek depan, kering, basah, dan koordinat posisi *latitude longitude*) tersimpan dalam bentuk audio mp3. Pemilihan rekaman suara yang diaktifkan serta besar kecil getaran berdasarkan hasil pengolahan data kedua sensor di mikrokontroler dan selanjutnya diinformasikan ke PDSN [4]. Akurasi hasil pengujian GPS 11,89 m dan sensor ultrasonik bergantung jenis material objek serta kemiringan sudut pantulannya [2]. Kelayakan hasil pengujian 81,2 % dan kebermanfaatannya 87,9 % [3]. Hasil pengujian suara dan getar mengalami delay 5 detik serta penangkapan titik koordinat GPS terpengaruh di dalam ruang tertutup [4]. Kombinasi penggunaan sensor ultrasonik-arduino dan kamera-raspi 4B. Sensor ultrasonik bergerak kiri kanan oleh komponen servo dan terhubung ke arduino. Ketika objek terdeteksi, akan bunyi *beep* dan sekaligus memberi sinyal ke raspi 4B untuk mengaktifkan kamera. Data gambar hasil tangkapan kamera diolah menggunakan algoritma *Viola Jones* dan *Tensorflow* untuk dilakukan proses klasifikasi jenis objek. Hasil pengujian deteksi dan klasifikasi terhadap objek wajah, tas, papan ketik, gawai, botol, dan kursi rata-rata akurasi keberhasilan 91 % [5]. Sensor radar gelombang milimeter dengan frekuensi 122 GHz berfungsi untuk mendeteksi objek di depan. Radar gelombang menghasilkan keluaran jarak dan deteksi objek hidup (manusia) atau benda mati [6]. Sensor dibuat dari kawat tembaga membentuk *oval*. Selanjutnya dialiri frekuensi 24 GHz dan akan menghasilkan gelombang elektromagnetik. Perubahan besar kecil gelombang elektromagnetik dipengaruhi objek disekitar sensor. Hasil pengujian perubahan gelombang elektromagnetik terhadap objek sekitar terukur sampai jarak 5 m [7].

Penelitian terkait informasi titik koordinat lokasi PDSN untuk pengukuran jarak menggunakan algoritma *Haversine* dan komunikasi radio frekuensi LoRa *point to point* [8]–[10]. Sistem dibuat

sepasang dengan setiap alat bantu sama persis terdiri modul GPS, LoRa, arduino, *audio DF-player*, konverter teks ke *braille*. Pada kondisi *emergency* salah satu alat bantu (A) terjadi penekanan tombol. Otomatis titik koordinat *latitude longitude* dari modul GPS ditransmisikan melalui LoRa ke alat bantu (B), maupun sebaliknya (titik koordinat B ditransmisikan ke A). Menggunakan algoritma *Haversine* setiap alat bantu secara mandiri menghitung jarak antar titik koordinat dan hasilnya dikeluarkan dalam informasi suara. Rata-rata persentase kesalahan pengukuran jarak 1,21%, GPS 99% pada jarak maksimum 500 m [8]. Sedangkan alat bantu dengan keluaran informasi *braille text* (jam tangan) ketepatan konversi 100 % dengan rata-rata akurasi kesalahan jarak 0,61 m terhadap pengukuran manual menggunakan meteran [9]. Khusus pengujian LoRa secara *point to point* dengan pengujian di area perkotaan, hutan dan pesisir. Pada pengujian rentang jarak 200 m dihasilkan akurasi 80 % paket data sempurna. Sedangkan area terbuka (tanpa rintangan) untuk daerah pesisir transmisi paket data dapat mencapai 4 Km dan 1 Km untuk area perkotaan serta hutan [10].

Penelitian terkait alat bantu yang digunakan terpasang di bagian tubuh (kaki) PDSN berupa sepatu [11], [12]. Sistem mengkombinasikan sensor ultrasonik, air dan aktuator getaran motor DC. Sensor ultrasonik terpasang di depan bawah, depan atas, samping kiri kanan, dan belakang sepatu. Sedangkan sensor air terpasang di depan. Setiap sensor terhubung tepat dengan satu aktuator getaran motor DC melalui mikrokontroler. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi objek di hadapannya dan menginformasikan dalam bentuk getaran. Sedangkan sensor air berfungsi untuk mendeteksi kondisi lantai yang basah. Hasil pengujian terhadap 70 PDSN dengan kategori rintangan, lantai basah, dan tangga, penggunaan alat ini lebih baik dan nyaman digunakan dibandingkan tongkat konvensional [11]. Sistem yang menggunakan tali sepatu dari bahan tembaga sebagai sensor antena. Sistem diberi gelombang resonansi 2,43 GHz dengan *bandwidth* fraksional terukur 11 %. Antena dapat mendeteksi objek rintangan dihadapannya [12].

Penelitian terkait pengukuran sudut terhadap referensi *azimut* magnetik (utara) antara dua titik koordinat atau lebih menggunakan algoritma *Bearing* [13]–[15]. Perhitungan *Bearing* digunakan untuk menghitung sudut *node* bebas sembarang pada *node* jangkar. Hasil analisa menunjukkan besaran sudut *node* bebas dapat diimplementasikan pada jangkar bidang melingkar 2D [13] dan 3D [13], [14]. Pada sistem kendali *autonomous* dibawah air tidak memungkinkan menggunakan perangkat titik koordinat seperti GPS. Kendali antar perangkat mengandalkan komunikasi antar sensor. Untuk bergerak *autonomous* mengikuti hasil perhitungan sudut *Bearing* terhadap sensor di perangkat tujuan. Hasil simulasi menunjukkan perhitungan *Bearing* terhadap bidang 2D melingkar layak untuk digunakan sebagai *node* pengganti *Global Position Information* (GPI) [15].

Tujuan penelitian ini melakukan koordinasi jarak dan posisi antara dua alat bantu menggunakan topologi *point to point* dengan *transceiver* berbasis LoRa. Modul LoRa digunakan sebagai media transmisi untuk bertukar titik koordinat *latitude longitude* dari GPS setiap alat bantu. Kedua titik koordinat digunakan sebagai masukan algoritma *Haversine* untuk menghitung jarak, dan *Bearing* untuk menghitung posisi sudut. Kebaruan penelitian ini terhadap penelitian lain adalah penggunaan perangkat lunak algoritma *Bearing* terhadap referensi sudut dari modul kompas untuk menentukan arah sudut acuan terhadap dirinya dan alat bantu lawannya. Kebaruan lainnya adalah dari penggunaan perangkat keras ESP32 untuk menghasilkan informasi suara secara komunikasi *bluetooth* serta kompas dengan *autocalibrate*.

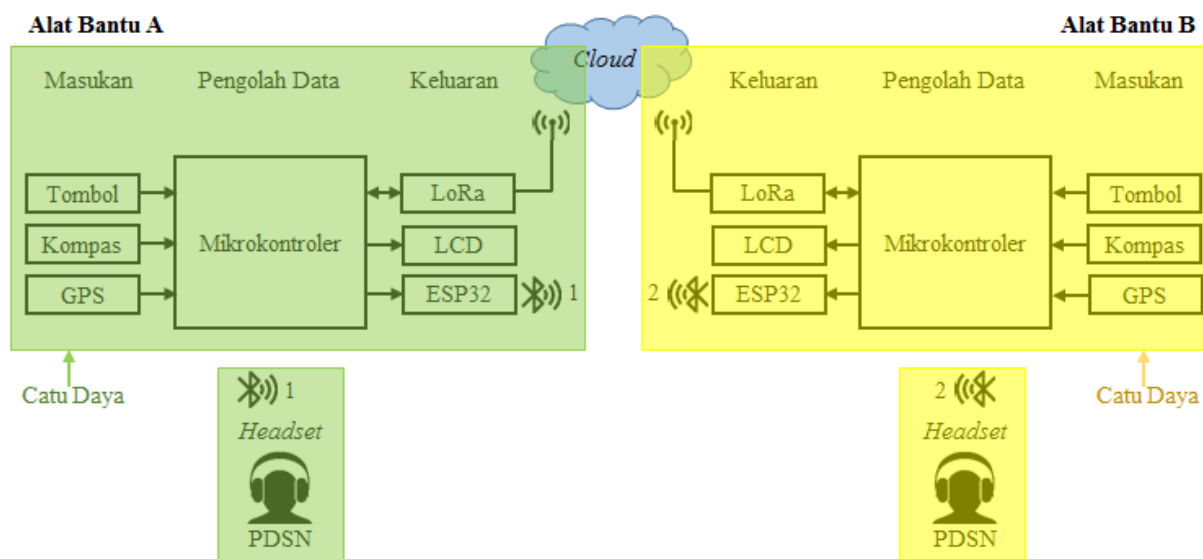
2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dibuat 1 set alat bantu dengan spesifikasi yang sama. Setiap alat dibuat dari gabungan perangkat keras elektronik dan lunak. Perangkat lunak untuk perhitungan jarak dan posisi sudut diolah menggunakan pengolah data mikrokontroler *platform* arduino uno.

2.1 Perangkat Keras

Gambar 1 menunjukkan blok diagram perangkat keras elektronik untuk 1set sistem yang terdiri dari 2 alat bantu A dan B. Setiap alat bantu terdiri dari komponen masukan, pengolah data, dan keluaran

dengan fungsi yang berbeda-beda. Tombol berfungsi memberikan perintah untuk permintaan koordinasi terhadap alat bantu lawannya. Kompas berfungsi memberikan informasi posisi sudut alat bantu terhadap utara. GPS berfungsi memberikan informasi titik koordinat *latitude longitude* alat bantu. Mikrokontroler tertanam ID permanen (*local, destination*) secara terprogram, dan berfungsi menjalankan algoritma dari seluruh masukan data menjadi keluaran informasi yang dipahami PDSN. LoRa berfungsi untuk menerima dan mengirimkan paket data secara radio antar alat bantu. *Liquid Crystal Display* (LCD) berfungsi untuk menampilkan data perhitungan jarak, sudut, dan RSSI, dalam upaya pengambilan data untuk proses pengujian dan analisa sistem. ESP32 berfungsi menyimpan pesan suara mp3 dan mentransmisikan secara *bluetooth*. *Headset* sebagai aktuator untuk penyampaian akhir informasi suara (jarak dan sudut) ke PDSN dengan penerimaan data *audio* secara *bluetooth* dari ESP32.



Gambar 1. Blok Diagram Perangkat Keras Sistem

Spesifikasi modul perangkat keras elektronik yang digunakan seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan hubungan konfigurasi pin perangkat keras bagian masukan, pengolah data, dan keluaran. Seluruh komponen yang digunakan telah teruji dan berdasarkan analisa perancangan yang telah dibuat.

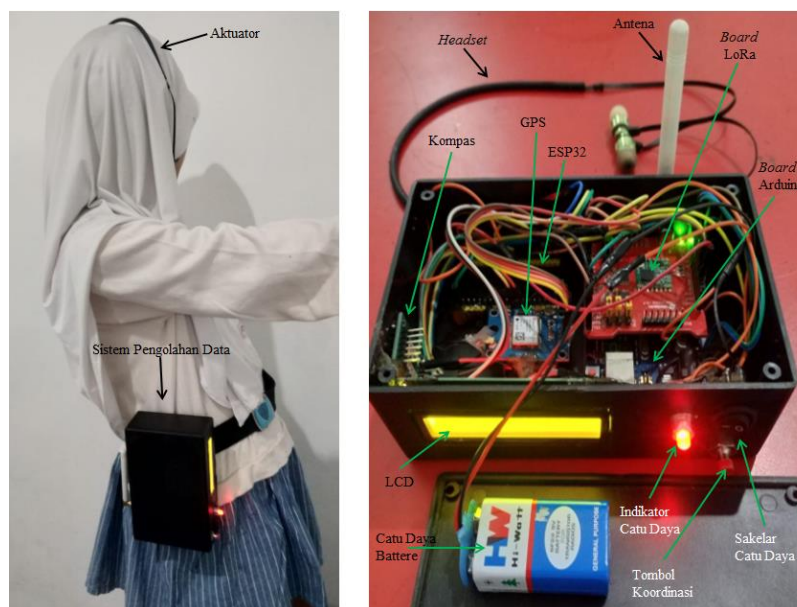
Tabel 1. Spesifikasi Modul Perangkat Keras Elektronik

No	Modul	Spesifikasi
1	Tombol	<i>normally open</i>
2	Kompas	GY26, <i>auto calibration</i> , DC IN 3V s/d 5V, asinkron RX TX, I2C sinkron SDA SCL
3	GPS	Neo6MV2, DC IN 5V, asinkron RX TX
4	Mikrokontroler	Board Arduino UNO, ATmega328, DC IN 6V s/d 12V, DC OUT 5V 3,3V, PWM, I/O digital, ADC 10 bit
5	LoRa	Board radio frekuensi 915 MHz
6	LCD	16x2, I2C, DC IN 5V
7	ESP32	Mikroprosesor Xtensa <i>Dual-Core</i> 32 bit LX6, 240 MHz, SRAM 520 kB, Fmemori 4MB, Wifi 11b/g/n, Bluetooth 4.2, PWM, 38I/O, ADC, DAC
8	Headset	Bluetooth 4.2, frekuensi suara 20 Hz s/d 20 KHz, IPX65, battere Li-ion 60 mAh, kabel <i>charger</i> tipe B
9	Catu Daya	DC OUT 9V

Tabel 2. Konfigurasi Pin Perangkat Keras Elektronik

No	Masukan Keluaran		Pin Mikrokontroler (Arduino Uno)
	Modul	Pin	
1	Tombol	1	GND
		2	D5
2	Kompas	GND	GND
		VCC +3.3V	VCC +3.3V
		SDA	SDA
		SCL	SCL
3	GPS	GND	GND
		VCC +5V	VCC +5V
		RX	D3 (TX)
		TX	D4 (RX)
4	LoRa	GND	GND
		VCC +5V	VCC +5V
		VCC +3.3V	VCC +3.3V
		Reset	D9
		DIO0	D2
		DIO5	D8
		DIO2	D7
		DIO1	D6
5	LCD	GND	GND
		VCC +5V	VCC +5V
		SDA	A4
		SCL	A5
6	ESP32	GND	GND
		VCC +3.3V	VCC +3.3V
		GPIO16(RX)	D1(TX)
		GPIO17(TX)	D0(RX)

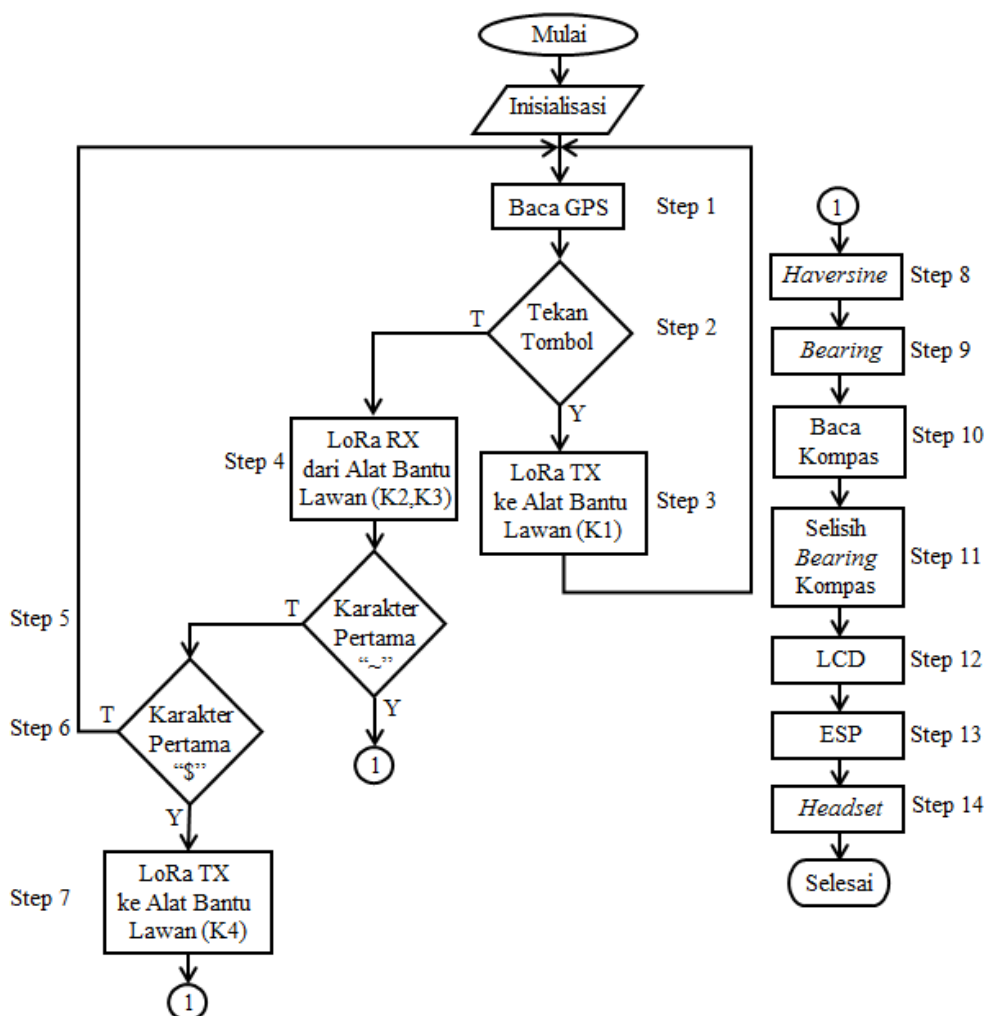
Realisasi alat bantu seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap alat bantu terdiri dari 2 bagian, yaitu *box* hitam (sistem pengolahan data) dan *Headset bluetooth* (aktuator). *Box* hitam terpasang disamping kanan pinggang PDSN yang terikat oleh sabuk. Sedangkan *Headset* terpasang ke telinga PDSN melalui komunikasi *audio bluetooth*.



Gambar 2. Realisasi Sistem

2.2 Perangkat Lunak

Inti dari perangkat lunak sistem adalah kombinasi algoritma *Haversine-Bearing* dan perhitungan selisih *Bearing* terhadap referensi kompas. Gambar 3 menunjukkan diagram alir sistem dari alat bantu A atau B. Setiap alat bantu memiliki 2 alur kondisi proses, yaitu aktif atau pasif seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Kondisi awal sistem adalah seluruh perangkat keras diberi catu daya dari baterai 9V, sedangkan catu daya *Headset* berasal dari bawaan perangkatnya. Pada proses inialisasi, setiap perangkat masukan, keluaran, dan variabel diaktifkan pada kondisi *default*. Pada saat alat bantu *ON*, secara otomatis akan membaca data titik koordinat *latitude longitude* dirinya dari modul GPS secara terus menerus (step 1). Ketika tombol ditekan (step 2), data titik koordinat dirinya akan dikirim ke lawannya melalui modul LoRa dengan format data seperti ditunjukkan pada Tabel 3-K1 (step 3). Sebaliknya ketika tombol tidak ditekan (step 2), data titik koordinat lawan akan diterima dengan 2 kemungkinan format data seperti ditunjukkan pada Tabel 3-K2 dan Tabel 3-K3.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

Karakter pertama paket data diterima alat bantu “~” (step 5), dilakukan proses perhitungan jarak antar 2 titik koordinat A dan B menggunakan algoritma *Haversine* (step 8). Garis lurus jarak hasil perhitungan 2 titik koordinat dicari nilai besar sudutnya terhadap referensi *azimut* magnetik menggunakan algoritma *Bearing* (step 9). Step 10 dilakukan pembacaan sudut alat bantu dengan referensi modul kompas. Kedua hasil perhitungan sudut *azimut* magnetik dengan sudut kompas dicari selisihnya (step 11). Nilai selisih tersebut merupakan sudut dirinya terhadap alat bantu lawannya. Hasil perhitungan jarak (step 8) dan sudut (step 11) diinformasikan ke PDSN dalam bentuk suara (step 13 dan 14) serta ke peneliti untuk pengujian analisa (step 12). Karakter pertama paket data diterima alat bantu “\$” (step 6) menunjukkan kondisi proses pasif, data titik koordinat dirinya akan dikirim ke lawannya melalui modul LoRa dengan

format data seperti ditunjukkan pada Tabel 3-K4 (step 7) dan dilanjutkan perhitungan jarak dan sudut (step 8 s/d step14).

Tabel 3. Alur Kondisi Proses

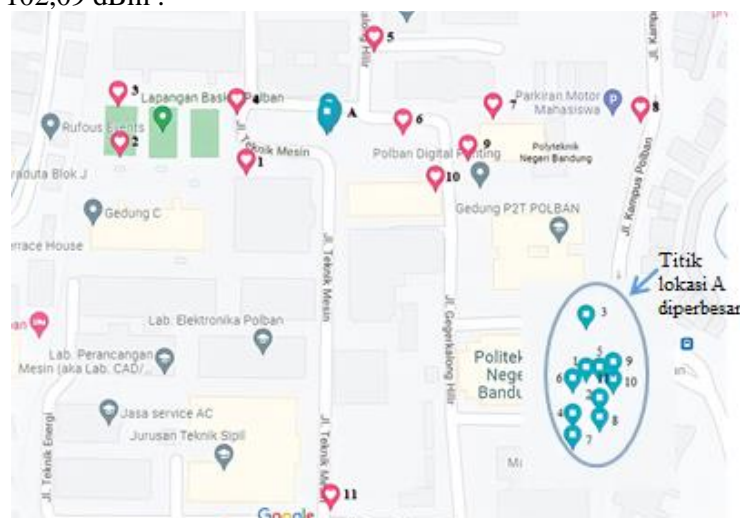
No	Alat Bantu	Alur Proses (Step)	Keterangan
1	Aktif	A1). 1-2-3	K1). Kondisi alat bantu A sengaja mengirimkan titik koordinat A melalui penekanan tombol ke alat bantu B (format: \$, <i>latitude</i> , <i>longitude</i>) dan sebaliknya.
		A2). 1-2-4-5-8-9-10-11-12-13-14	K2). Kondisi alat bantu A menerima umpan balik titik koordinat B dari alat bantu B (format: ~, <i>latitude</i> , <i>longitude</i>) dan sebaliknya
2	Pasif	P1). 1-2-4-5-6-8-9-10-11-12-13-14	K3). Kondisi alat bantu A menerima titik koordinat B dari alat bantu B (format: \$, <i>latitude</i> , <i>longitude</i>) dan sebaliknya
		P2). 7	K4). Kondisi alat bantu A mengirimkan umpan balik titik koordinat A ke alat bantu B (format: ~, <i>latitude</i> , <i>longitude</i>) dan sebaliknya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedua alat bantu yang telah direalisasikan di uji secara langsung untuk dilihat fungsionalitas serta seberapa besar tingkat kesalahannya. Data pembanding sebagai dasar perhitungan kesalahan, digunakan *Google Maps*. Lokasi pengujian dilakukan di lingkungan Politeknik Negeri Bandung pada kondisi cuaca cerah. Pengujian dilakukan menjadi 2 model, yaitu area terbuka (lapang) dan adanya halangan (gedung, pilar, dan selasar beton).

3.1 Pengujian Area Terbuka

Gambar 4 menunjukkan *mapping sample* titik koordinat area terbuka untuk alat bantu yang meliputi pengujian GPS, RSSI, jarak, dan posisi sudut. Titik koordinat warna biru menunjukkan alat bantu A dan warna merah menunjukkan alat bantu B. Pengujian dilakukan dengan posisi alat bantu A diam dan alat bantu B berpindah-pindah lokasi. Ketika kumpulan titik lokasi A diperbesar, terlihat terjadi pergeseran penangkapan titik koordinat untuk setiap pengujian. Tabel 4 menunjukkan kesalahan penangkapan koordinat GPS alat bantu terhadap *Google Maps* dan RSSI. Perhitungan rata-rata kesalahan alat bantu 3,04 m dan RSSI -102,09 dBm .



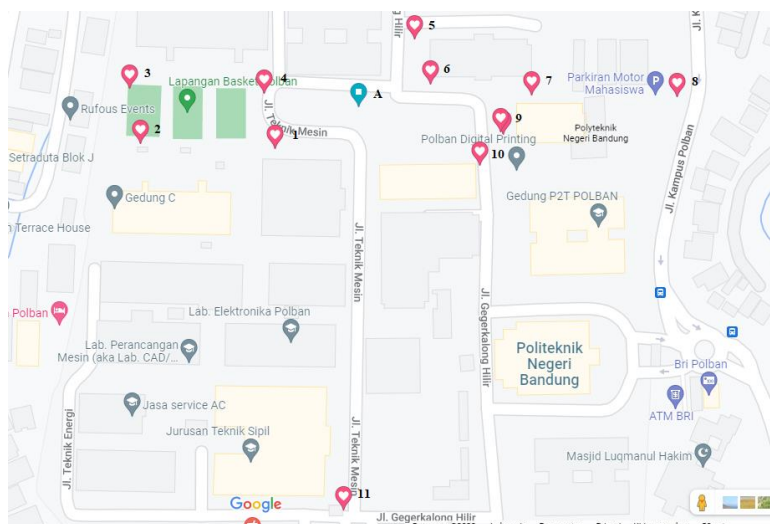
Gambar 4. Mapping Alat Bantu di Area Terbuka

Tabel 4. Data Pengujian GPS dan RSSI Area Terbuka

No	Posisi A (Latitude;Longitude °)		Selisih Alat Bantu → Google Maps (m)	RSSI (dBm)
	Alat Bantu *	Google Maps 2*		
1	-6,870848; 107,57276		1,13	-95
2	-6,870885; 107,57277		3,85	-110
3	-6,870809; 107,57276		4,92	-116
4	-6,870898; 107,57275		4,96	-88
5	-6,870857; 107,57278		2,68	-90
6	-6,870856; 107,57275	-6.870853; 107.572753	0,91	-93
7	-6,870882; 107,57275		3,29	-101
8	-6,870871; 107,57277		2,61	-109
9	-6,870844; 107,57278		2,72	-105
10	-6,870852; 107,57279		4,63	-102
11	-6,870848; 107,57277		1,75	-114
Rata-rata			3,04	-102,1

Keterangan : * (Koordinat latitude longitude Alat Bantu A di Posisi A)
2* (Koordinat latitude longitude Google Maps di Posisi A)

Gambar 5 menunjukkan *mapping sample* titik koordinat area terbuka untuk data pembandingan dari *Google Maps* dengan pola pengujian yang sama seperti alat bantu. Definisi warna titik koordinat sama juga seperti pengujian alat bantu. Pada posisi A diam untuk setiap pengujian, titik koordinat stabil (kesalahan 0 %).



Gambar 5. Mapping Google Maps di Area Terbuka

Tabel 5 menunjukkan kesalahan pengukuran jarak antar alat bantu yang dibandingkan terhadap *Google Maps* untuk area terbuka. Sedangkan Tabel 6 menunjukkan kesalahan pengukuran posisi sudut antar alat bantu dengan referensi kompas yang dibandingkan terhadap *Google Maps* untuk area terbuka.

Tabel 5. Data Pengujian Jarak Antara Titik Lokasi A↔B Area Terbuka

No	Posisi A		Posisi B (Latitude; Longitude °)		Jarak (m)		Selisih Jarak Alat Bantu ↔ Google Maps (m)
	Alat Bantu	Google Maps	Alat Bantu 3*	Google Maps 4*	Alat Bantu	Google Maps	
1	*	2*	-6,871119; 107,572300	-6,871075; 107,572304	58,14	55,36	2,78
2	*	2*	-6,871021; 107,571600	-6,871046; 107,571586	129,13	130,58	1,45
3	*	2*	-6,870747; 107,571590	-6,870757; 107,571528	129,20	135,95	6,75
4	*	2*	-6,870784; 107,572250	-6,870781; 107,572246	58,20	56,95	1,25
5	*	2*	-6,870441; 107,573010	-6,870493; 107,573051	52,43	51,49	0,94
6	*	2*	-6,870898; 107,573170	-6,870733; 107,573137	44,64	44,44	0,20
7	*	2*	-6,870813; 107,573670	-6,870791; 107,573678	101,22	102,09	0,87
8	*	2*	-6,870833; 107,574490	-6,870801; 107,574458	189,18	188	1,18
9	*	2*	-6,871041; 107,573530	-6,870986; 107,573515	85,05	85,89	0,84
10	*	2*	-6,871209; 107,573350	-6,871163; 107,573400	72,63	79,6	6,97
11	*	2*	-6,872959; 107,572770	-6,872992; 107,572672	234,61	237,89	3,28
Rata-rata kesalahan jarak alat bantu terhadap Google Maps							2,41

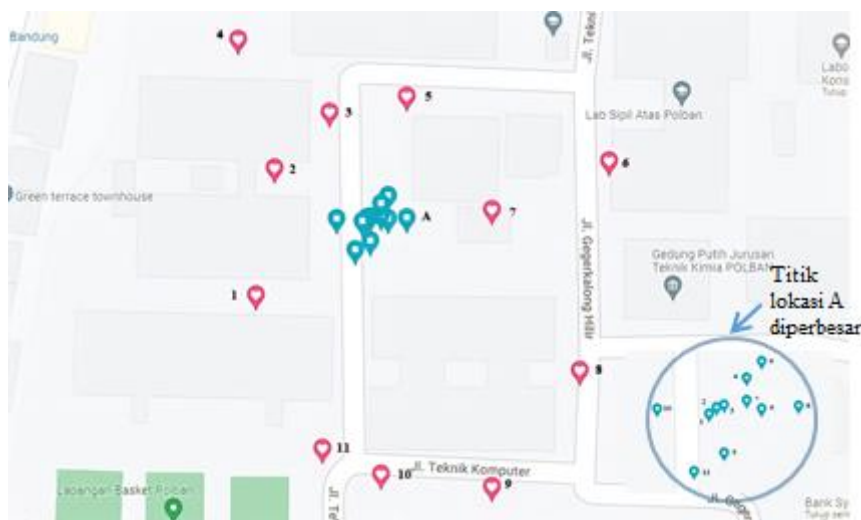
Keterangan : 3* (Koordinat latitude longitude Alat Bantu B di Posisi B)
4*(Koordinat latitude longitude Google Maps di Posisi B)

Tabel 6. Data Pengujian Sudut A→B dan B→A Area Terbuka

No	Sudut (°) A → B		Sudut (°) B → A		Selisih Sudut (°)	
	Alat Bantu *→3*	Google Maps 2*→4*	Alat Bantu 3*→*	Google Maps 4*→2*	A → B	B → A
1	225,52	243,62	339,14	332,02	18,1	7,12
2	250,83	260,76	339,62	349,7	9,93	10,08
3	250,26	274,66	12,06	3,74	24,4	8,32
4	255,2	277,96	5,97	7,3	22,76	1,33
5	8,88	40,06	112,18	129,94	31,18	17,76
6	76,13	72,94	194,41	163,85	3,19	30,56
7	65,88	86,01	187,98	176,77	20,13	11,21
8	65,47	88,1	181,84	178,6	22,63	3,24
9	88,43	99,78	205,59	190,6	11,35	14,99
10	102,93	115,34	213,93	206,52	12,41	7,41
11	155,7	182,24	277	272,17	26,54	4,83
Rata-rata kesalahan posisi sudut antara alat bantu dan Google Maps					18,42	10,62
Rata-rata kesalahan sudut titik A → B dan B → A alat bantu terhadap Google Maps					14,52	

3.2 Pengujian Area Dengan Halangan

Gambar 6 menunjukkan *mapping sample* titik koordinat area halangan dengan pola pengujian sama seperti area terbuka. Definisi warna titik koordinat sama juga seperti pengujian alat bantu dan *Google Maps* di area terbuka. Terlihat pada pengujian posisi A menggunakan alat bantu untuk setiap pengujian titik koordinat bergeser, meskipun kondisi sebenarnya perangkat keras posisi diam. Kondisi ini menunjukkan kesalahan penangkapan koordinat GPS alat bantu terhadap *Google Maps* dan RSSI. Perhitungan rata-rata kesalahan alat bantu 10,77 m dan RSSI -107,55 dBm seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Terlihat akurasi penangkapan titik koordinat dan kekuatan sinyal sangat dipengaruhi oleh kontur area pengujian.



Gambar 6. *Mapping* Alat Bantu di Area Dengan Halangan

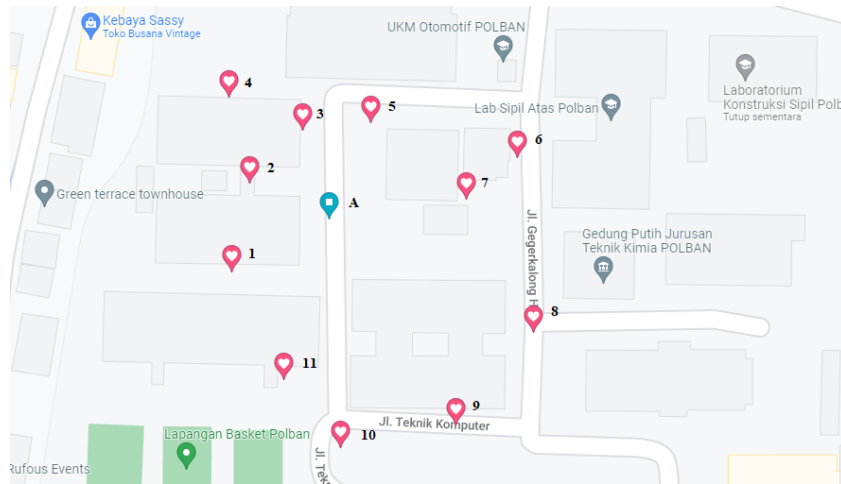
Tabel 7. Data Pengujian GPS dan RSSI Area Dengan Halangan

No	Posisi A (<i>Latitude;Longitude</i> °)		Selisih Alat Bantu → <i>Google Maps</i> (m)	RSSI (dBm)
	Alat Bantu 5*	<i>Google Maps</i> 6*		
1	-6,870109; 107,572350		6,46	-109
2	-6,870061; 107,572400		11,36	-99
3	-6,870091; 107,572400		11,47	-102
4	-6,870100; 107,572360		6,66	-111
5	-6,870161; 107,572370		12,26	-99
6	-6,870098; 107,572470	-6,870074; 107,5723;	19,11	-115
7	-6,870097; 107,572370		7,97	-103
8	-6,870039; 107,572420		13,38	-109
9	-6,870102; 107,572420		13,29	-114
10	-6,870102; 107,572280		3,96	-109
11	-6,870185; 107,572330		12,61	-113
	Rata-rata		10,77	-107,55

Keterangan : 5* (Koordinat *latitude longitude* Alat Bantu A di Posisi A)
6* (Koordinat *latitude longitude Google Maps* di Posisi A)

Gambar 7 menunjukkan *mapping sample* titik koordinat area halangan untuk data pembandingan dari *Google Maps* dengan pola pengujian yang sama seperti alat bantu. Definisi warna titik koordinat sama juga seperti pengujian alat bantu. Terlihat pada posisi A diam untuk setiap pengujian, titik koordinat stabil (kesalahan 0 %).

Alat Bantu Koordinasi Jarak dan Posisi Disabilitas Netra Berbasis Radio Frekuensi Menggunakan Haversine-Bearing



Gambar 7. Mapping Google Maps di Area Dengan Halangan

Tabel 8 menunjukkan kesalahan pengukuran jarak antar alat bantu yang dibandingkan terhadap *Google Maps* untuk area berhalangan. Sedangkan Tabel 9 menunjukkan kesalahan pengukuran posisi sudut antar alat bantu dengan referensi kompas yang dibandingkan terhadap *Google Maps* untuk area berhalangan. Terlihat perhitungan pengukuran jarak dan posisi sudut alat bantu sangat dipengaruhi oleh kontur area pengujian.

Tabel 8. Data Pengujian Jarak Antara Titik Lokasi A↔B Area Dengan Halangan

No	Posisi A		Posisi B (Latitude; Longitude °)		Jarak (m)		Selisih Jarak Alat Bantu ↔ Google Maps (m)
	Alat Bantu	Google Maps	Alat Bantu 7*	Google Maps 8*	Alat Bantu	Google Maps	
1	5*	6*	-6,870307; 107,572060	-6,870245; 107,571984	39,25	40,26	1,01
2	5*	6*	-6,869966; 107,572110	-6,869959; 107,572041	32,93	31,27	1,66
3	5*	6*	-6,869815; 107,572260	-6,869787; 107,572213	34,20	33,30	0,90
4	5*	6*	-6,869617; 107,572010	-6,869680; 107,571976	66,65	56,94	9,71
5	5*	6*	-6,869772; 107,572470	-6,869763; 107,572437	45,06	37,40	7,66
6	5*	6*	-6,869945; 107,573020	-6,869875; 107,572911	61,95	70,66	8,71
7	5*	6*	-6,870077; 107,572700	-6,870009; 107,572745	37,82	49,69	11,87
8	5*	6*	-6,870511; 107,572940	-6,870440; 107,572964	78,04	83,73	5,69
9	5*	6*	-6,870824; 107,572700	-6,870738; 107,572712	86,14	86,48	0,34
10	5*	6*	-6,870791; 107,572400	-6,870813; 107,572338	77,59	82,25	4,66
11	5*	6*	-6,870722; 107,572240	-6,870592; 107,572152	60,36	59,97	0,39
Rata-rata kesalahan jarak alat bantu terhadap <i>Google Maps</i>							4,78

Keterangan : 7* (Koordinat latitude longitude Alat Bantu B di Posisi B)
8* (Koordinat latitude longitude Google Maps di Posisi B)

Tabel 9. Data Pengujian Sudut A→B dan B→A Area Dengan Halangan

No	Sudut (°) A → B		Sudut (°) B → A		Selisih Sudut (°)	
	Alat Bantu 5*→7*	Google Maps 6*→8*	Alat Bantu 7*→5*	Google Maps 8*→6*	A → B	B → A
1	223,11	240,52	341,61	331,49	17,41	10,12
2	272,24	292,53	338,04	23,34	20,29	314,7
3	328,82	343,09	53,19	73,69	14,27	20,5
4	315,91	320,59	48,71	50,66	4,68	1,95
5	18,57	24,16	108,17	113,86	5,59	5,69
6	63,34	72,44	163,04	161,87	9,1	1,17
7	76,23	82,39	160,89	171,62	6,16	10,73
8	122,22	119,22	229,56	208,97	3	20,59
9	141,86	148,23	262,56	238,64	6,37	23,92
10	163,14	176,7	268,91	266,88	13,56	2,03
11	176,63	195,36	294,63	285,92	18,73	8,71
Rata-rata kesalahan posisi sudut antara alat bantu dan Google Maps					10,83	38,19
Rata-rata kesalahan sudut titik A → B dan B → A alat bantu terhadap Google Maps					24,51	

Seluruh data jarak dan posisi sudut pengujian ditampilkan di LCD dan diinformasikan ke PDSN dalam bentuk sinyal *audio* melalui *Headset bluetooth*. Informasi suara terdengar sama dengan data yang tampil di LCD.

4. KESIMPULAN

Secara fungsionalitas alat bantu dapat memberikan luaran informasi suara 100%. Akurasi alat bantu sangat dipengaruhi area pengujian dan tangkapan titik koordinat *latitude longitude* dari GPS. Adapun rata-rata kesalahan jarak tanpa halangan 2,41 m, dan dengan adanya halangan 4,78 m pada RSSI -107,55 dBm. Sedangkan rata-rata kesalahan posisi sudut terhadap referensi kompas tanpa halangan 14,52°, dan dengan adanya halangan 24,51° pada RSSI -102,1 dBm. Pengembangan lanjutan diperlukan algoritma Kalman Filter untuk menghasilkan data titik koordinat *latitude longitude* GPS yang lebih akurat serta *swarm intelligent* untuk sistem navigasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti dan semua Tim yang terlibat mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bandung atas pendanaan melalui skema Penelitian Terapan dengan SK Nomor B/66.1/PL1.R7/PG.00.03/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pertuni, “Siaran Pers: Peran Strategis Pertuni Dalam Memberdayakan Tunanetra Di Indonesia. – Persatuan Tunanetra Indonesia.” <https://pertuni.or.id/siaran-pers-peran-strategis-pertuni-dalam-memberdayakan-tunanetra-di-indonesia/> (accessed Jun. 30, 2022).
- [2] R. A. Chandra, U. Fadlilah, P. Wibowo, F. Tegar, N. Saputra, and R. Radditya, “Blind People Stick Tracking Using Android Smartphone and Gps Technology,” vol. 8, no. 1, pp. 18–24, 2022.
- [3] N. Milati, “Intelegent Stick for Blind (Instisblind) Inovasi Alat Bantu Mobilitas

- Pencegahan Kebisingan Hujan Untuk Meningkatkan Kemandirian Penyandang Tunanetra,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 47–53, 2019, doi: 10.21831/jee.v3i1.26070.
- [4] E. A. M. Irma Salamah, Lindawati, “RANCANG BANGUN ALAT BANTU TUNANETRA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 2560,” vol. 1, no. 4, pp. 363–373, 2020.
- [5] E. Cardillo et al., “An Electromagnetic Sensor Prototype to Assist Visually Impaired and Blind People in Autonomous Walking,” *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 6, pp. 2568–2576, 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2795046.
- [6] U. Masud, T. Saeed, H. M. Malaikah, F. U. Islam, and G. Abbas, “Smart Assistive System for Visually Impaired People Obstruction Avoidance Through Object Detection and Classification,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 13428–13441, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3146320.
- [7] C. L. and A. C. E. Cardillo, “No TiMillimeter-Wave Radar Cane: A Blind People Aid With Moving Human Recognition Capabilitiestle,” *IEEE J. Electromagn. RF Microwaves Med. Biol.*, vol. 6, no. 2, pp. 204–211, 2022, doi: 10.1109/JERM.2021.3117129.
- [8] T. Supriyadi, A. Salsabila, R. Solihin, R. Hanifatunnisa, B. Setiadi, and S. Afni, “Position Coordination Aid for Blind Persons Based on LoRa Point to Point,” *Proc. 2nd Int. Semin. Sci. Appl. Technol. (ISSAT 2021)*, vol. 207, no. Issat, pp. 310–315, 2021, doi: 10.2991/aer.k.211106.049.
- [9] S. N. Afni, T. Supriyadi, and R. Hanifatunnisa, “Tingkat Koordinasi Long Range untuk Penyandang Disabilitas Netra dengan Metode Point-to-Point Menggunakan Braille-Text,” *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 6, no. 2, p. 183, 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i2.2021.183-192.
- [10] G. Callebaut and L. Van Der Perre, “Characterization of LoRa Point-to-Point Path Loss: Measurement Campaigns and Modeling Considering Censored Data,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 3, pp. 1910–1918, 2020, doi: 10.1109/JIOT.2019.2953804.
- [11] K. Patil, Q. Jawadwala, and F. C. Shu, “Design and Construction of Electronic Aid for Visually Impaired People,” *IEEE Trans. Human-Machine Syst.*, vol. 48, no. 2, pp. 172–182, 2018, doi: 10.1109/THMS.2018.2799588.
- [12] G. Li, Z. Tian, G. Gao, L. Zhang, M. Fu, and Y. Chen, “A Shoelace Antenna for the Application of Collision Avoidance for the Blind Person,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 9, pp. 4941–4946, 2017, doi: 10.1109/TAP.2017.2722874.
- [13] X. Fang, X. Li, and L. Xie, “Angle-Displacement Rigidity Theory with Application to Distributed Network Localization,” *IEEE Trans. Automat. Contr.*, vol. 66, no. 6, pp. 2574–2587, 2021, doi: 10.1109/TAC.2020.3012630.
- [14] X. L. and M. F. L. Chen, K. Cao, L. Xie, “3-D Network Localization Using Angle Measurements and Reduced Communication,” *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 70, pp. 2402–2415, 2022, doi: 10.1109/TSP.2022.3167512.
- [15] R. Fabbiano, F. Garin, and C. C. De Wit, “Distributed Source Seeking Without Global Position Information,” *IEEE Trans. Control Netw. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 228–238, 2018, doi: 10.1109/TCNS.2016.2594493.