

SISTEM PENDETEKSI ARAH KIBLAT BAGI DISABILITAS MENGUNAKAN SENSOR KOMPAS DAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)

Irma Vidyana¹, Tedy Rismawan², Rahmi Hidayati³

^{1,2,3}Rekayasa Sistem Komputer, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura
¹h1051201005@student.untan.ac.id, ²tedyrismawan@siskom.untan.ac.id, ³rahmihidayati@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Kiblat adalah sudut atau arah dengan ka'bah di Makkah sebagai titik pusat, pengukuran sudut yang diukur dari arah utara menuju kiblat disebut azimuth kiblat, rentang toleransi arah kiblat yang benar adalah sebesar 5°. Bagi disabilitas yang memiliki keterbatasan dalam melakukan aktifitas normal, mencari arah kiblat menjadi tantangan yang sulit karena memerlukan tingkat keakurasian, akibatnya disabilitas memerlukan bantuan orang lain dalam menentukan arah kiblat. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan alat bantu dalam mencari arah kiblat yang dapat memberikan informasi arah sesuai keberadaan pengguna. Pada penelitian ini dibangun sebuah alat bantu pendeteksi arah kiblat bagi disabilitas menggunakan sensor kompas sebagai pendeteksi arah pengguna dan GPS sebagai penentu titik koordinat. Arduino Mega berperan sebagai pemroses data dan mengirimkan umpan balik audio lewat *speaker* dan status informasi kepada LCD untuk memudahkan pengguna memahami status keberadaannya dari arah kiblat. Hasil pengujian yang dilakukan di dalam dan luar ruangan menghasilkan rata-rata ketepatan GPS sejauh 15.06 m, sistem bekerja lebih optimal di luar ruangan dengan ketepatan modul GPS sejauh 8.69 m dan di dalam ruangan sejauh 19.45 m, akurasi sensor kompas sebesar 97.40% dan ketepatan akurasi nilai azimuth kiblat 99.98%, sistem dapat bekerja secara *real-time* selama sinyal GPS tersedia.

Kata kunci: Kiblat, Disabilitas, Alat Bantu, Sensor Kompas, GPS

1. Pendahuluan

Kiblat adalah sudut atau arah yang menjadi acuan umat Islam dalam menjalankan ibadah, dengan ka'bah di Makkah sebagai titik pusat. Kiblat menjadi arah dan kedudukan penting untuk mencapai kesempurnaan dan syarat sah dalam menjalankan ibadah salat, menguburkan jenazah, arah bangunan masjid, serta penyembelihan hewan (Piani, 2022). Azimut kiblat adalah perhitungan dan pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui dan menetapkan keberadaan kiblat berdasarkan sudut yang dihitung dari utara sejati menuju ka'bah, tempat yang berbeda akan menghasilkan derajat kiblat yang berbeda pula. Indonesia berada pada kemiringan arah kiblat barat laut dengan besaran sudut antara 290° sampai 295°, dengan rentang toleransi benar sebesar 5° (Lubis & Setalah, 2020).

Menurut UU RI, No 4, Tahun 1997 pada Pasal 1 Ayat 1 mendefinisikan penyandang disabilitas adalah individu yang memiliki keterbatasan dan ketidakmampuan dalam melakukan aktivitas yang normal bagi manusia yang disebabkan adanya penurunan kemampuan secara fisik maupun mental. Oleh karena itu, disabilitas memerlukan bantuan orang lain untuk mengatasi ketidakmampuan yang dihadapi dalam melakukan keseharian, terutama dalam hal yang membutuhkan tingkat akurasi seperti mencari arah kiblat, terutama bagi penyandang tunanetra dan tunarungu (Patmin et al 2022).

Pada era sekarang menentukan arah kiblat dapat menggunakan aplikasi dan kompas digital yang terhubung pada GPS (Muthmainnah & Santoso, 2020). Namun aplikasi ini memerlukan jaringan internet dan tidak dapat dengan mudah digunakan bagi penyandang disabilitas karena keterbatasan yang dimiliki. Pengembangan alat teknologi diperlukan untuk memudahkan para disabilitas mendapatkan arah kiblat yang presisi dengan informasi yang memudahkan mereka memahami arah yang sesuai berdasarkan lokasi pengguna.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk membantu disabilitas mencari arah kiblat dapat dengan menggunakan pengukuran teknologi GPS (*Global Positioning System*), sebagai penentu titik koordinat (Sunardi et al, 2021). Nilai data koordinat GPS akan diperhitungkan dengan membandingkan koordinat ka'bah yang akan menghasilkan nilai azimuth kiblat dari tempat tersebut. Sistem juga akan dilengkapi dengan sensor kompas untuk mengetahui nilai arah keberadaan posisi pengguna. Selisih nilai antara sensor kompas dan azimuth akan menentukan nilai toleransi dan status keberadaan pengguna dalam mencari arah yang tepat. Sistem akan mengeluarkan *output* lewat pesan informasi LCD dan audio dari *speaker*.

Penelitian terkait berjudul "Rancang Bangun Alat Bantu Menentukan Arah Kiblat Sholat dan Pengingat Jumlah Raka'at untuk Penyandang Tunanetra Berbasis Arduino dengan Sensor Kompas

HMC5883L” (Patmin et al, 2022). Penelitian ini menghasilkan sistem yang dapat mendeteksi arah kiblat dan pendeteksi jumlah raka’at menggunakan sensor kompas HMC5883L dan sensor infrared, arah kiblat ditentukan berdasarkan sudut yang sudah ditentukan. sistem berhasil mengeluarkan keluaran berupa suara dari *speaker*. Penelitian lainnya berjudul “Penggunaan Sensor HMC5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara” (Lubis & Setalah, 2020). Menggunakan sensor kompas HMC5883L sebagai *inputan*, sistem dapat membaca 8 arah mata angin dalam bentuk derajat yang ditampilkan lewat layar LCD dan 8 buah lampu LED. Pada setiap arah dan batas mata angin lampu LED akan menyala sesuai dengan jumlah mata angin yang dihasilkan, dengan hasil selisih sudut kemiringan sebesar 7°. Penelitian terkait yang mengangkat tema tentang pendeteksi arah kiblat berjudul “Sajadah Berbicara Pendeteksi Arah Kiblat Berbasis Arduino” (Simanjuntak et al, 2020). *Inputan* pada sistem ini berupa sensor kompas yang memiliki rentang arah kiblat yang sudah ditentukan yaitu < 295° dan > 290°, keluaran yang dihasilkan berupa pesan audio dengan orientasi kanan atau kiri. Penelitian ini menghasilkan sebuah alat yang dapat mendeteksi arah kiblat maupun arah mata angin terutama bagi tunanetra dengan tingkat keakuratan sensor mencapai 3°- 5° dengan simpangan tiap arah mata angin ke bawah dan ke atas sebesar 3°.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian terkait, pada penelitian ini membangun sistem pendeteksi kiblat dengan judul “Sistem Pendeteksi Arah Kiblat bagi Disabilitas Menggunakan Sensor Kompas dan *Global Positioning System* (GPS)”. Dengan *inputan* berupa sensor kompas dan GPS yang akan memberikan informasi sudut dan status keberadaan pengguna dengan keluaran melalui LCD dan pesan audio *speaker*.

2. Metode Penelitian

Dalam pembuatan “Sistem Pendeteksi Arah Kiblat bagi Disabilitas Menggunakan Sensor Kompas dan *Global Positioning System* (GPS)” diperlukan beberapa tahapan antara lain studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian sistem.

2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan mendapatkan informasi yang mendukung penelitian. Literatur yang dicari berupa jurnal penelitian ilmiah yang pernah dilakukan, artikel, serta *e-book* dan buku yang dapat menunjang dan mendukung penelitian.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan yang digunakan untuk mengumpulkan data-data untuk membangun sistem. Data yang terkumpul akan digunakan dengan tujuan mengetahui informasi yang

memiliki nilai bagi penelitian alat pendeteksi arah kiblat bagi disabilitas. Kebutuhan utama penelitian ini melibatkan data arah dan titik koordinat untuk mendapatkan arah kiblat serta informasi status arah keberadaan pengguna.

2.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan tahapan menganalisa kebutuhan sistem yang digunakan penelitian. Adapun perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Arduino Mega digunakan sebagai mikrokontroler dan pusat kontrol. Memiliki 4 port serial dan cocok untuk penelitian pendeteksi kiblat yang memerlukan 2 port serial (Andri Tri Setiawan, 2022).
2. Sensor kompas digunakan untuk mengetahui derajat dan arah mata angin dalam rentang 0°-360° (Al Azhar et al, 2022).
3. Modul GPS Ublox Neo-8m digunakan untuk mengetahui koordinat pengguna, dengan mengetahui nilai titik lintang dan garis bujurnya. (Sholihin et al, 2021).
4. Layar LCD digunakan untuk menampilkan keluaran informasi arah dan status (Masnur et al., 2021).
5. DFPlayer sebagai modul penyimpanan audio bersama kartu memori.
6. *Speaker* sebagai keluaran audio.
7. *Power Bank* kapasitas 20.000mAh digunakan sebagai sumber daya.

2.3.1 Galat dan Akurasi

Galat adalah perbedaan nilai antara hasil persoalan model numerik dan nilai sebenarnya atau eksak, nilai galat menunjukkan seberapa besar nilai akurat dari model numerik mendekati nilai sebenarnya (Widyanto et al, 2022). Dalam penelitian pendeteksi arah kiblat bagi disabilitas, galat digunakan untuk menunjukkan *error* dari data yang sudah didapat oleh sensor. Perhitungan nilai galat dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$\varepsilon_R = \left| \frac{a - a'}{a} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Akurasi adalah nilai kedekatan dari suatu sistem dengan prediksi nilai sebenarnya. Nilai dari akurasi akan menunjukkan seberapa tinggi atau rendahnya dari nilai sebenarnya. Adapun persamaan akurasi dapat dilihat pada persamaan 2.

$$\text{Akurasi} = 100\% - \varepsilon_R \quad (2)$$

2.3.2 Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) adalah perhitungan pengukuran statistik yang digunakan untuk mengevaluasi suatu model numerik sesuai dengan data sebenarnya. MSE menghitung rata-rata dari

nilai numerik dan data sebenarnya dari perbedaan kuadrat (Fitriana & Djuniadi, 2022). Pada penelitian yang dilakukan, perhitungan MSE digunakan dalam menguji akurasi data GPS. Persamaan MSE dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$MSE = \sum (At - Ft^2) \tag{3}$$

2.3.3 Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) adalah pengukuran perbedaan antara nilai yang diprediksi model dengan nilai sebenarnya dengan mengkuadratkan, mengambil rata-rata dan mengakarkan hasil tersebut. RMSE digunakan dalam analisis dan pemodelan statistic (Hodson, 2022). Pada penelitian ini RMSE digunakan dalam mengukur akurasi nilai data GPS. Rumus RMSE dapat dilihat pada Persamaan 4, Persamaan 5 dan Persamaan 6.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_i (X_{data,i} - X_{referensi,i})^2}{n}} \tag{4}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_i (Y_{data,i} - Y_{referensi,i})^2}{n}} \tag{5}$$

$$RMSE_R = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \tag{6}$$

2.3.4 Azimuth Formula

Azimuth formula adalah persamaan yang digunakan dalam menghitung arah dan sudut antara 2 titik lokasi yang dihitung berdasarkan posisi keberadaan, perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan arah relatif terhadap utara sejati, yang didasari pada titik *latitude* dan *longitude* dengan asumsi bumi berbentuk bola. Azimut memanfaatkan rumus trigonometri bola (*spherical trigonometri*) yang banyak digunakan dalam penerapan navigasi dan penentuan arah (Noor & Jiddan, 2020). Perhitungan menggunakan azimuth menggunakan data *latitude* dan *longitude* yang didapat oleh GPS, data tersebut berbentuk derajat dan harus dirubah ke dalam bentuk radian sebelum diterapkan pada persamaan. Konversi data dari derajat ke radian menggunakan Persamaan 7.

$$\theta_{radian} = \theta_{derajat} \times \pi/180 \tag{7}$$

Setelah mendapat nilai radian, langkah selanjutnya adalah mencari selisih antara nilai *longitude* ka'bah dan *longitude* pengguna, hal ini karena perbedaan nilai bujur akan menjadi jalur terpendek untuk mencapai ka'bah dari lokasi pengguna (Dan et al, 2020). Persamaan selisih bujur dapat dilihat pada Persamaan 8.

$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \tag{8}$$

Data tersebut dapat diterapkan pada rumus azimuth dalam perbandingan pada titik *latitude* dan *longitude*

ka'bah yang masing-masing bernilai 21.4225° dan 39.8262° dengan Persamaan 9,10 dan 11.

$$x = \sin(\Delta \lambda) . \cos(\phi_2) \tag{9}$$

$$y = \cos(\phi_1) . \sin(\phi_2) \sin(\phi_1) . \cos(\phi_2) . \cos(\Delta \lambda) \tag{10}$$

$$A = \text{atan}^2(x, y) \tag{11}$$

Setelah mendapatkan nilai azimuth, sistem akan mengubah nilai tersebut kembali dari radian ke derajat agar dapat dibaca dengan mudah bagi pengguna. Persamaan radian ke derajat dapat dilihat pada persamaan 12.

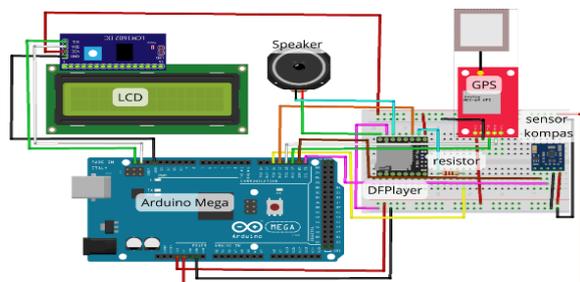
$$\theta_{derajat} = \theta_{radian} \times 180/\pi \tag{12}$$

Hasil derajat pada azimuth disesuaikan ke arah kompas, dengan menambahkan 360 agar berada dalam rentang 0-360 derajat. Persamaan penyesuaian arah kompas dapat dilihat pada Persamaan 13.

$$\text{azimut} = \theta_{derajat} + 360 \tag{13}$$

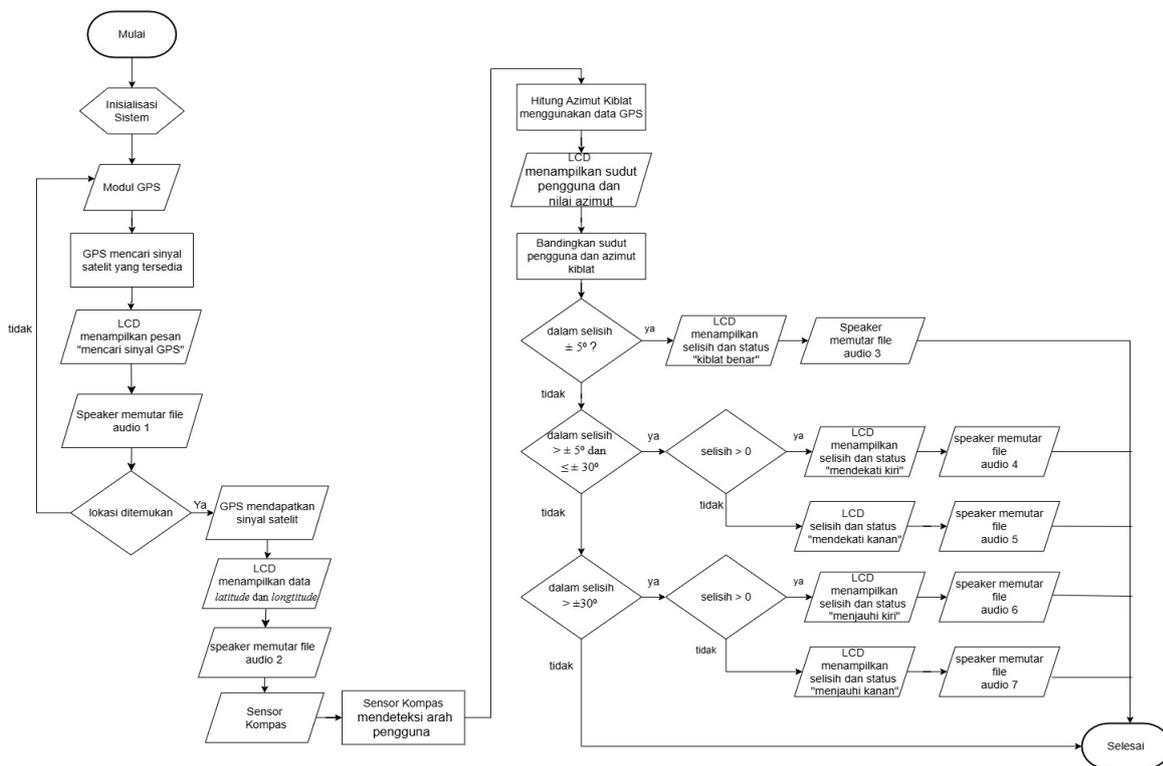
2.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang akan dilakukan meliputi menyambungkan semua komponen perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak. Gambar 1 merupakan skema dari penyambungan komponen.



Gambar 1. Diagram Sistem Pendeteksi Arah Kiblat

Pada Gambar 1, komponen sensor kompas, GPS, DFPlayer, speaker, LCD, Resistor dihubungkan pada Arduino Mega. Setiap koneksi disesuaikan untuk memastikan integrasi dengan optimal. Arduino mega memiliki beberapa port serial, dengan GPS terhubung pada serial 1 dan DFPlayer pada serial 2, sedangkan pada LCD dan sensor kompas jalur komunikasinya terhubung pada 12C (*inter-Integrated Circuit*). Perancangan perangkat lunak dalam penelitian ini berfokus pada sistem *embedded* yang terintegrasi dengan perangkat keras. Dalam perancangan perangkat lunak kode program ditulis pada Arduino IDE agar Arduino Mega dapat berkomunikasi dan mengolah data dari masukan modul GPS dan sensor kompas. Pada Gambar 2 terdapat diagram alir sistem pendeteksi arah kiblat.



Gambar 2 Diagram Alir Sistem Pendeteksi Arah Kiblat

Pada perancangan perangkat lunak sistem akan menginisialisasi keseluruhan komponen agar siap beroperasi, kemudian modul GPS akan mencari koordinat pengguna dengan menerima sinyal dari satelit, selama proses mencari sinyal LCD akan menampilkan status “mencari sinyal GPS” dan *speaker* akan memutar audio nomor 1 yang berbunyi “mencari sinyal GPS” jika berhasil mendapatkan titik, nilai berupa *latitude* dan *longitude* akan ditampilkan pada LCD selama 3 detik dan DFPlayer akan mengirimkan file nomor 2 kepada *speaker* yang berbunyi “sinyal GPS terkunci”. Nilai GPS kemudian diolah untuk dihitung menggunakan rumus azimuth kiblat, dalam perhitungan azimuth data GPS dan data koordinat ka’bah akan dihitung dengan persamaan 7 sampai persamaan 10. Setelah mendapat nilai azimuth sensor kompas akan mendeteksi arah pengguna dalam bentuk derajat, pada layar LCD akan tertampil pesan nilai dari sensor kompas dan nilai azimuth yang telah dihitung oleh sistem.

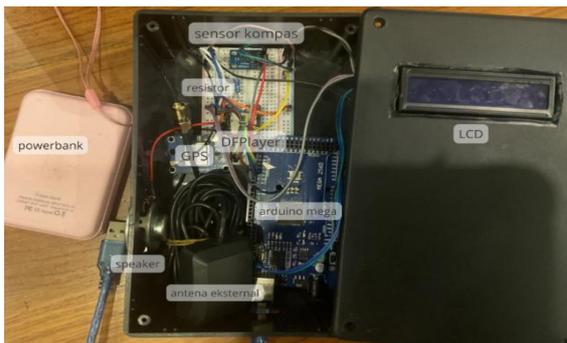
Nilai azimuth kemudian dibandingkan dengan nilai yang telah didapat sensor kompas untuk mengetahui selisih derajatnya. Nilai selisih ini akan mempengaruhi status yang harus dikeluarkan, jika selisih berada dalam rentang $\pm 5^\circ$ maka LCD akan menampilkan status “kiblat benar” dan *speaker* akan memainkan audio nomor 3 yang berbunyi “kiblat benar, silahkan salat”. Jika tidak berada pada rentang tersebut sistem akan memeriksa apakah selisih toleransi dalam rentang $\geq \pm 5^\circ$ dan $\leq \pm 30^\circ$, jika bernilai positif maka status LCD akan menampilkan “mendekati kiri” dan *speaker* akan memutar audio nomor 4 yang berbunyi “mendekati arah kiblat,

silahkan sesuaikan ke kiri”, namun bila mendeteksi kurang dari negatif maka status LCD akan “mendekati kanan” dan *speaker* memutar audio ke 5 berbunyi “mendekati arah kiblat, silahkan sesuaikan ke kanan”. Namun bila selisih kiblat bernilai $\geq \pm 30^\circ$ dan positif maka status LCD akan “menjauhi kiri” dan *speaker* memutar audio nomor 6 yang berbunyi “jauh dari arah kiblat, silahkan sesuaikan ke kiri” dan jika nilainya negatif maka status LCD akan “menjauhi kanan” dan *speaker* akan memutar audio nomor 7 yang berbunyi “menjauhi kiblat, silahkan sesuaikan ke kanan” setelah selesai pada status yang telah ditentukan maka sistem telah selesai.

2.5 Implementasi

Pada implementasi ini seluruh komponen perangkat keras dihubungkan pada Arduino Mega sebagai pusat kontrol dan mengelola komunikasi data secara *real-time*, perangkat yang dihubungkan terdiri dari GPS, Sensor Kompas, DFPlayer, LCD, *speaker*, dan resistor seperti pada Gambar 3. Pada sistem yang dibuat terdapat 2 jalur serial, pada GPS tersambung pada serial 1 dan DFPlayer pada serial 2. Sedangkan pada komponen LCD dan sensor kompas terhubung pada protokol komunikasi I2C bus.

Power bank digunakan sebagai sumber daya untuk semua komponen melalui port USB Arduino. Resistor digunakan untuk memastikan komponen bekerja secara stabil dan mencegah kerusakan akibat lonjakan arus. Dengan mengkonfigurasi semua pin dan algoritma yang dirancang, sistem dapat bekerja dengan sesuai.



Gambar 3. Implementasi Keseluruhan Sistem

2.6 Pengujian Sistem

2.6.1 Pengujian Titik Koordinat

Pengujian modul GPS dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat memperoleh

koordinat geografis pengguna. Proses ini melibatkan perbandingan antara data yang diperoleh modul GPS Neo-8 dan data *google maps* sebagai acuan. Data pengujian di sekitar kota Pontianak yang dilakukan di dalam dan luar ruangan, untuk mengetahui perbedaan yang dihasilkan pada kedua kondisi. Gambaran pengujian modul GPS dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam menghitung akurasi nilai modul GPS, konversi data dalam koordinat dengan satuan meter diperlukan untuk mengetahui perbedaan jarak antara 2 titik lokasi. Proses konversi ini menggunakan aplikasi berbasis ArcGIS, setelahnya menghitung nilai MSE pada modul GPS dan *google maps* dengan perhitungan pada persamaan 3. Perhitungan ini ditunjukkan untuk mengukur seberapa dekat hasil prediksi dengan nilai sebenarnya. Adapun hasil nilai MSE dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian Modul GPS.

No	keberadaan	Modul GPS		Google Maps	
		Latitude (°)	Longitude (°)	Latitude (°)	Longitude (°)
1	Dalam Ruangan (Dansen)	-0.049725	109.307658	-0.049718	109.307294
2	Dalam Ruangan (Sepakat 2, Ayani)	-0.069760	109.339515	-0.06941	109.33956
3	Luar Ruangan (Sepakat 2 Ayani)	-0.069458	109.339675	-0.06944	109.33972
4	Dalam Ruangan (Sepakat 2, Ayani)	-0.069391	109.339775	-0.06946	109.33969
5	Dalam Ruangan (Jeruju)	-0.086479	109.351020	-0.08635	109.35108
6	Luar Ruangan (Jeruju)	-0.086441	109.350967	-0.086450	109.350969
7	Luar Ruangan (Sungai Raya Dalam, Kubu Raya)	-0.067315	109.341765	-0.067271	109.341709
8	Luar Ruangan (Sungai Raya Dalam, Kubu Raya)	-0.068529	109.348057	-0.068549	109.348043
9	Dalam Ruangan (Sepakat 2, Ayani)	-0.069102	109.348217	-0.069044	109.348322
10	Luar Ruangan (Jeruju)	-0.057401	109.345308	-0.057385	109.345327

Tabel 2 Konversi MSE

No	Modul GPS		Google Maps		MSE (m ²)	
	Easting	Norting	Easting	Norting	Easting	Norting
1	311657	9994501	311616	9994502	1681	1
2	315203	9992286	315208	9992324	25	1444
3	315221	9992319	315226	9992321	25	4
4	315232	9992326	315223	9992319	81	49
5	316484	9990437	316491	9990451	49	196
6	316478	9990441	316478	9990440	0	1
7	315454	9992556	315447	9992561	49	25
8	316154	9992422	316153	9992420	1	4
9	316172	9992358	316184	9992365	144	49
10	315848	9993652	315850	9993654	4	4
Jumlah			Dalam Ruangan		3600	2077
			Luar Ruangan		706	429
			Keseluruhan		4306	2506

Pada pengujian modul GPS yang dilakukan di dalam ruangan menghasilkan total MSE *easting* sebesar 3600 m² dan MSE *northing* sebesar 2077 m². Sedangkan pada pengujian luar ruangan *easting* sebanyak 706 m² dan *northing* 429 m². Pada pengujian keseluruhan *easting* sebesar 4306 m² dan *nothing* 2506 m². Untuk mengetahui nilai RMSE dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut. Dalam ruangan:

$$MSE_x = \frac{3600}{15} = 240.00 \text{ m}^2$$

$$MSE_y = \frac{2077}{15} = 138.46 \text{ m}^2$$

Luar Ruangan:

$$MSE_x = \frac{706}{15} = 47.06 \text{ m}^2$$

$$MSE_y = \frac{429}{15} = 28.6 \text{ m}^2$$

Keseluruhan:

$$MSE_x = \frac{4306}{30} = 143.53 \text{ m}^2$$

$$MSE_y = \frac{2506}{30} = 83.53 \text{ m}^2$$

Selanjutnya menghitung nilai RMSE untuk mengetahui nilai ketepatan dari perbedaan modul GPS dan *google maps* dalam satuan meter,

menggunakan persamaan 4 dan persamaan 5. Dengan perhitungan:

Dalam Ruangan:

$$RMSE_x = \sqrt{240.00} = 15.49_m$$

$$RMSE_y = \sqrt{138.46} = 11.76_m$$

Luar Ruangan:

$$RMSE_x = \sqrt{47.06} = 6.86_m$$

$$RMSE_y = \sqrt{28.6} = 5.34_m$$

Keseluruhan:

$$RMSE_x = \sqrt{143.53} = 11.98_m$$

$$RMSE_y = \sqrt{83.53} = 9.13_m$$

Untuk mengetahui selisih ketepatan akurasi, selanjutnya melakukan perhitungan RMSE keseluruhan dengan menggunakan persamaan 6.

Dalam Ruangan:

$$RMSE_r = \sqrt{15.49^2 + 11.76^2} = 19.45_m$$

Luar Ruangan:

$$RMSE_r = \sqrt{6.86^2 + 5.34^2} = 8.69_m$$

Keseluruhan:

$$RMSE_r = \sqrt{11.98^2 + 9.13^2} = 15.06_m$$

Nilai selisih ketepatan yang didapatkan pada perbandingan modul GPS dan *google maps* ketika di dalam ruangan adalah 19.45 meter dan ketika di luar ruangan sebesar 8.69 meter, hal ini menunjukkan bahwa modul GPS bekerja lebih baik ketika berada di luar ruangan karena sinyalnya tidak terhalang struktur bangunan. Pada pengujian modul GPS maka didapat bahwa nilai *error* yang didapatkan dengan perbandingan *google maps* memiliki ketepatan sebesar 15.06 meter. Nilai perbedaan pada GPS ini tidak berpengaruh besar pada nilai azimuth kiblat.

2.6.2 Pengujian Arah

Pengujian arah dengan sensor kompas dilakukan dengan mengukur orientasi arah pengguna berada. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *error* sensor kompas HMC58883L dari arah yang sebenarnya. Sensor kompas memiliki sensitivitas terhadap magnetik disekitarnya, oleh karena itu pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Pengujian dilakukan dengan memutar sensor kompas ke berbagai arah dalam dengan rentang 0° - 360° dalam bentuk derajat. Untuk mendapatkan pengukuran sudut, sensor dibandingkan menggunakan aplikasi compass. Adapun pengujian arah dapat dilihat Tabel 3. Berdasarkan hasil pengujian sensor kompas maka didapatkan nilai rata-rata selisih 1.05°, dengan rata-rata error 2.59% dan akurasi keseluruhan sensor kompas sebesar 97.40%. Dengan hasil tersebut maka didapat bahwa sensor memiliki kinerja yang sangat baik dan mendekati sempurna.

Tabel 3. Hasil Pengujian Arah

Arah Pengujian	Sensor Kompas	Aplikasi	Selisih (°)	Error (%)
Pengujian 1	248.72	247.9	0.82	0.33
Pengujian 2	221.41	220.7	0.71	0.32
Pengujian 3	146.19	145.3	0.89	0.61
Pengujian 4	345.57	343.8	1.77	0.51
Pengujian 5	352.28	351.2	1.08	0.30
Pengujian 6	126.11	127.0	0.89	0.70
Pengujian 7	145.27	145.9	0.63	0.43
Pengujian 8	78.21	78.9	0.69	0.87
Pengujian 9	50.93	51.8	0.87	1.67
Pengujian10	321.22	323.2	1.98	0.61
Jumlah Error			31.73	77.90
Rata-Rata Error			1.05	2.59

2.6.3 Pengujian Azimut Kiblat

Pengujian nilai azimuth kiblat didapat dengan perhitungan dari hasil data koordinat *latitude* dan *longitude* sensor GPS dan *google maps*. yang mengacu pada formula trigonometri untuk menentukan sudut azimuth berdasarkan koordinat geografis. Dalam pengujian ini data yang digunakan sama dengan pengujian data GPS. Aplikasi perbandingan yang digunakan untuk mengukur keakuratan sistem yang dirancang dalam pengujian azimuth adalah aplikasi Arah Kiblat. Adapun Hasil Pengujian Nilai Azimut Kiblat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Azimut Kiblat

No	Azimut (Alat)	Azimut (Aplikasi)	Selisih (°)	Error (%)
1	292.75	292.7	0.05	0.017
2	292.75	292.7	0.05	0.017
3	292.75	292.7	0.05	0.017
4	292.73	292.7	0.03	0.010
5	292.75	292.7	0.05	0.017
6	292.75	292.7	0.05	0.017
7	292.75	292.7	0.05	0.017
8	292.73	292.7	0.04	0.010
9	292.75	292.7	0.05	0.017
10	292.74	292.7	0.04	0.013
Jumlah Error			1.34	0.457
Rata-Rata Error			0.044	0.015

Contoh pengujian ke 10 (Tabel 4), perhitungan mendapatkan nilai azimuth kiblat dimulai dengan mengubah nilai derajat pengguna dan Ka'bah ke dalam radian dengan persamaan 7. langkah-langkah mencari nilai azimuth dijabarkan dibawah ini.

$$lat_{radian} = -0.086611 \times \frac{3.14}{180} = -0.00151111 \text{ radian}$$

$$long_{radian} = 109.350997 \times \frac{3.14}{180} = 1.9085 \text{ radian}$$

$$lat_{kab_{radian}} = 21.4225 \times \frac{3.14}{180} = 0.3739 \text{ radian}$$

$$long_{kab_{radian}} = 39.8262 \times \frac{3.14}{180} = 0.6959 \text{ radian}$$

Kemudian menghitung selisih *longitude* antara 2 titik karena *longitude* menunjukkan posisi timur atau barat dari garis bujur utama, dengan persamaan 8.

$$\Delta \lambda = 0.6959 - 1.9085 = -1.216 \text{ radian}$$

Setelah mendapat selisih bujur, perhitungan untuk mendapatkan komponen x dan y dapat dilakukan dengan persamaan 9 dan 10.

$$x = \sin(-1.2126) \times \cos(0.3739) \approx -0.8737$$

$$y = \cos(-0.0015111) \cdot \sin(0.73304) - \sin(0.0015111) \cdot \cos(0.373304) \cdot \cos(-1.2126) = 0.3644905$$

Selanjutnya menghitung nilai azimut dengan rumus pada persamaan 11.

$$A = \text{atan2}(-0.8737, 0.3644905) \approx 1.1709 \text{ radian}$$

Didapat bahwa nilai azimut kiblat dari tempat tersebut bernilai 1.1709 radian, nilai ini harus diubah kembali dalam bentuk derajat dengan persamaan 12.

$$\text{Azimutderajat} = 1.1709 \times \frac{180}{3.14} = -67.25 \text{ derajat}$$

Nilai azimut kiblat bernilai -67.25 derajat, jika nilai azimuth kiblat sudah bernilai positif dan berada dalam rentang 360 derajat maka tidak perlu menambah nilai 360, pada perhitungan yang dilakukan azimut bernilai negatif maka perlu menambah nilai 360 dengan perhitungan seperti pada Persamaan 13.

$$\text{azimut} = -67.25 + 360 = 292.75 \text{ derajat}$$

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan nilai azimut maka didapatkan nilai rata-rata selisih 0.044°, dengan rata-rata *error* 0.015% dan akurasi nilai keseluruhan sebesar 99.98%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan nilai yang akurat dalam menentukan nilai azimut kiblat.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem diuji dengan dilakukan pada 2 kriteria yaitu di dalam dan luar ruangan untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik dan bekerja secara optimal, pengujian ini dilakukan oleh pengguna disabilitas. Pengujian yang diamati yaitu ketepatan pembacaan GPS dan sensor kompas ketika di dalam dan luar ruangan. Pengujian dilakukan dengan memposisikan perangkat diberbagai lokasi, membaca koordinat GPS dan mengarahkan sensor kompas dalam berbagai sudut, tempat pengujian dilakukan di kota Pontianak dan sekitarnya. Data keseluruhan sistem dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Data Keseluruhan Sistem

No	Keberadaan	GPS		Sensor Kompas(°)	Azimut(°)	Selisih(°)	Status LCD	File audio
		latitude	longitude					
1	Dalam Ruangan	-0.069516	109.339660	200.14	292.75	-92.61	Menjauhi kanan	7
2	Dalam Ruangan	-0.069115	109.340095	298.63	292.75	5.89	Mendekati kiri	4
3	Luar Ruangan	-0.069418	109.339767	290.09	292.75	-2.66	Kiblat benar	3
4	Dalam Ruangan	-0.086334	109.350822	0.55	292.75	67.80	Menjauhi kiri	6
5	Luar Ruangan	-0.086309	109.350791	31.04	292.75	98.29	Menjauhi kiri	6
6	Luar Ruangan	-0.086446	109.350967	103.61	292.75	170.85	Menjauhi kiri	6
7	Dalam Ruangan	-0.086484	109.350982	73.39	292.75	140.63	Menjauhi kiri	6
8	Luar Ruangan	-0.018920	109.301023	190.43	292.74	-102.31	Menjauhi kanan	7
9	Luar Ruangan	-0.018100	109.301063	302.54	292.74	9.8	Mendekati kiri	4
10	Dalam Ruangan	-0.018993	109.301088	288.95	292.74	-3.79	Kiblat benar	3

Pendeteksi arah kiblat bagi disabilitas menggunakan 2 masukan, perangkat keras pemberi *input* adalah sensor kompas dan GPS. Sensor kompas digunakan untuk mengetahui arah pengguna dalam bentuk derajat, sedangkan GPS digunakan untuk mengetahui titik koordinat pengguna berada. Data lintang dan bujur yang telah didapat GPS diolah dalam perhitungan azimut untuk Mengetahui nilai azimut kiblat dari tempat tersebut. Keluaran pesan audio terdiri dari 5 file dengan audio 3 berbunyi “arah kiblat benar”, audio 4 berbunyi “mendekati arah kiblat, sesuaikan ke kiri”, pesan audio 5 “mendekati arah kiblat, sesuaikan ke kanan”, pesan audio 6 “menjauhi arah kiblat, sesuaikan ke kiri” dan pesan audio 7 “menjauhi arah kiblat, sesuaikan ke kanan”.

Pada pengujian keseluruhan sistem hasil pengujian yang telah dilakukan sistem pendeteksi arah kiblat dapat memberikan informasi arah kiblat sesuai posisi koordinat pengguna, dengan membandingkan antara nilai sensor kompas dan azimut kiblat untuk menentukan status keberadaan pengguna. GPS dapat mendeteksi sinyal satelit ketika di dalam dan luar ruangan, namun waktu tunggu ketika di dalam ruangan lebih lama dibanding ketika di luar ruangan.

Hal ini dikarenakan ketika di dalam ruangan material bangunan mempengaruhi kecepatan sinyal yang didapat. Ketika di dalam ruangan alat harus diletakan dengan posisi mendekati jendela, ventilasi atau tempat terbuka untuk memudahkan kecepatan GPS dalam menangkap sinyal satelit, kecepatan nilai modul GPS saat digunakan di luar ruangan lebih akurat dibanding saat di dalam ruangan karena modul GPS dapat menerima sinyal satelit lebih optimal tanpa terhalang struktur bangunan. Sistem ini juga mampu memperbaharui informasi secara *real-time* saat pengguna berpindah posisi, selama GPS berhasil menangkap sinyal satelit.

4. Kesimpulan

Pada pengujian titik koordinat menggunakan modul GPS yang dilakukan di kota Pontianak dan sekitarnya, didapat bahwa modul dapat menentukan titik lokasi dengan ketepatan sebesar 15.06 m. Pengujian arah menggunakan sensor kompas HMC5883L dengan rentang 0°-360°, sensor memiliki kinerja yang sangat baik dan mendekati sempurna selama tidak berada dekat dengan benda magnetik

yang dapat mempengaruhi kinerjanya. Hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata *error* 2.59% dan akurasi keseluruhan sensor kompas sebesar 97.40%. Pengujian pembacaan arah kiblat dapat dilakukan ketika di dalam dan luar ruangan, ketika di dalam ruangan nilai ketepatan antara modul GPS dan *google maps* sebesar 19.45 meter dan ketika di luar ruangan bernilai 8.69 meter, nilai akurasi ini menunjukkan bahwa modul GPS bekerja lebih optimal di luar ruangan karena sinyal satelit diterima tanpa hambatan. Nilai perbedaan pada modul GPS tidak berpengaruh besar pada keakuratan sistem yang dibuat, dikarenakan nilai azimut kiblat yang didasarkan pada data GPS menghasilkan nilai rata-rata *error* 0.015% dan akurasi nilai keseluruhan sebesar 99.98%. Berdasarkan akurasi tersebut nilai azimut memiliki tingkat akurat mendekati sempurna dan dapat digunakan dengan baik. Dalam penggunaannya sistem mampu memperbaharui informasi secara *real-time* saat pengguna berpindah posisi selama sinyal GPS tersedia.

Penelitian lanjutan dapat mengembangkan desain perangkat dalam bentuk *wearable* seperti gelang atau perangkat kecil sehingga lebih praktis.

Daftar Pustaka:

- Al Azhar, G., Winarno, T., Izza, S., & Malang, P. N. (2022). Implementasi g-h Filter Pada Sensor Kompas Sebagai Peningkatan Akurasi Trajectory Tracking Robot Differential Drive. *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, 1(1).
- Andri Tri Setiawan. (2022). Rancang Bangun Bel Sekolah Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega Dengan Antarmuka Berbasis Web. *Prosiding*, 2, 68–80. <https://doi.org/10.59134/prosidng.v2i-.114>
- Dan, K., Di, M., Sultan, M., & Madani, A. (2020). Dinamika Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Alat Klasik dan Modern di Masjid Sultan Alauddin Madani. *Hisabuna, Volume 1 N*, 17.
- Fitriana, R. N., & Djuniadi, D. (2022). Analisis Perbandingan Algoritma AES Dan RC4 Pada Enkripsi dan Dekripsi Data Teks Berbasis CrypTool 2. *Systemic: Information System and Informatics Journal*, 7(2), 1–7. <https://doi.org/10.29080/systemic.v7i2.1263>
- Hodson, T. O. (2022). Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not. *Geoscientific Model Development*, 15(14), 5481–5487. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-5481-2022>
- Lubis, S., & Setalah, S. Z. (2020). Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. *Ihsan: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2). <https://doi.org/10.30596/ihsan.v2i2.5336>
- Masnur, M., Alam, S., & Muhammad, F. N. (2021). Rancang Bangun Sistem Keamanan Motor Dengan Pengenalan Sidik Jari Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Sintaks Logika*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.31850/jsilog.v1i1.671>
- Muthmainnah, M., & Santoso, F. S. (2020). Pemanfaatan Sains Dan Teknologi Dalam Pengukuran Arah Kiblat Di Indonesia. *Ulumuddin: Jurnal Ilmu-Ilmu Keislaman*, 10(2), 149–162. <https://doi.org/10.47200/ulumuddin.v10i2.441>
- Noor, & Jiddan, F. (2020). Buku Saku Pedoman Praktis Penentuan Arah Kiblat: Tinjauan Fiqih, Matematis, Dan Astronomis. *Program Studi Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga 2020*, 38.
- Patmin, H., Nugroho, A. K., & Muliandhi, P. (2022). Rancang Bangun Alat Bantu Menentukan Arah Kiblat Sholat dan Peningat Jumlah Rakaat untuk Penyandang Tunanetra Berbasis Arduino dengan Sensor Kompas HMC5883L. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(2), 243–252. <https://doi.org/10.31358/techné.v21i2.325>
- Piani, E. O. (2022). Akurasi Arah Kiblat Masjid di Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu Perspektif Hukum Islam. [http://repository.iainbengkulu.ac.id/10033/1/Distribusi ELSA OKTA FIANI NIM 1711110027 PRODI HKL.pdf](http://repository.iainbengkulu.ac.id/10033/1/Distribusi%20ELSA%20OKTA%20FIANI%20NIM%201711110027%20PRODI%20HKL.pdf)
- Sholihin, M., Adi Wibowo, S., & Primaswara Prasetya, R. (2021). Penerapan Iot (Internet Of Things) Terhadap Rancang Bangun Sistem Peringatan Batasan Kecepatan Dan Pendeteksi Lokasi Kecelakaan Bagi Pengendara Sepeda Motor Berbasis ARDUINO. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(2), 597–604. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i2.3743>
- Simanjuntak, J. C. S., Hapsari, G. I., & Meisaroh, L. (2020). Sajadah Berbicara Pendeteksi Arah Kiblat Berbasis Arduino. *E-Proceeding of Applied Science*, 6(2), 2053–2060.
- Sunardi, S., Fadlil, A., & Darajat, M. N. (2021). Perancangan Aplikasi Arah Kiblat dan Jadwal Waktu Shalat Berbasis Android “AQ-Shalat.” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 7(2), 202–214. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/almarshad/article/view/8029>
- Widyanto, W., Saputra, F. A. R., & Rachman, A. (2022). Perancangan Program Perhitungan Solusi Numerik Menggunakan Metode Bolzano pada Bahasa Python. *KERNEL: Jurnal Riset Inovasi Bidang Informatika Dan Pendidikan Informatika*, 3(1), 57–64. <https://doi.org/10.31284/j.kernel.2022.v3i1.2557>