Jurnal Fakultas Teknik
Universitas Muhamadiyah Parepare
Vol. xx No. xx, Bulan 20xx

Sistem Kendali Stabilizator Sudut dan Arah berbasis Arduino

Ilham[1*], Muh. Zainal[2], Alauddin Y[3]

[1*]*Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare*
[2]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
[3]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
**Email :* ilham.te180@gmail.com

Abstract: A This research aims to design and implement a direction/angle control and stabilizer system based on Arduino, using the Qibla direction as a case study. The system utilizes an HMC5883L magnetometer sensor to detect direction based on the Earth's magnetic field, a stepper motor as the actuator, and an Arduino Uno microcontroller as the main controller. The system is capable of automatically adjusting and maintaining its orientation toward a target angle, even when external disturbances such as vibrations occur. From the sensor data, the heading angle is calculated using the arctangent function (atan2) of the magnetic field values on the X and Y axes. when the X-axis reads around 120.42° and the error detected is 171.58°, the system determines the Qibla direction by calculating the total heading to be approximately 292°, the intended target. Testing was conducted using both clockwise and counter-clockwise rotations, and results show that the system accurately reaches the target with a maximum error tolerance of ±0.5°. Corrections are visualized through data and graphs that show decreasing step sizes as the target angle is approached. This study confirms the system's effectiveness for precision direction indication and potential for further development in navigation and worship aids.

Keywords: Arduino; angel stabilizer; Stepper motor; direction; Control System

1. PENDAHULUAN

Sistem kendali dan stabilisasi arah dan sudut merupakan salah satu bidang penting dalam rekayasa dan otomisasi, terutama dalam pengembangan perangkat yang memerlukan presisi arah tertentu, semenjak sistem penjejak satelit, penunjuk arah, turret kamera, hingga alat bantu navigasi. Seiring berkembangnya teknologi, mikrokontroler seperti arduino telah menjadi platform yang populer dan efisien dalam pengembangan sistem kendali karena sifatnya yang fleksibel, open-source, dan mudah digunakan.

Penerapan sistem kendali dan stabilizator sudut berbasis arduino memungkinkan perangkat untuk secara otomatis mengarahkan atau mempertahankan orientasi sudut tertentu terhadap referensi tertentu, walaupun terjadi gangguan dari luar seperti getaran atau perubahan posisi. Hal ini sangat penting dalam berbagai skenario, baik pada perangkat bergerak maupun sistem status yang membutuhkan presisi tinggi

Penggunaan alat ukur kompas dalam menentukan arah angin dan lokasi kutub magnet bumi dapat berbeda dari tahun ke tahun, seperti kompas analog dan digital. Keduanya memberikan hasil pembacaan yang baik dengan kerja yang sama, yaitu memanfaatkan kutub utara dan selatan magnet sebagai titik acuan (Lubis, S. dkk., 2020)

Sebagai studi kasus penerapan, penelitian ini menggunakan arah kiblat sebagai contoh praktis. Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan sistem kendali arah untuk penentu kiblat. (Asrin et al, 2023) mengembangkan perangkat bantu penentu arah kiblat bagi penyandang disabilitas visual menggunakan kompas digital. (Sanjaya et al, 2022) bahkan memanfaatkan metode Ibn Al-Haytham dalam penentuan arah kiblat berbasis komputasi, sehingga menenkankan pentingnya presisi pada sistem navigasi berbasis sensor. Arah kiblat dipilih karena memiliki nilai penting dalam konteks keagamaan dan membutuhkan presisi arah. Namun, fokus utama penelitian ini bukan pada aspek keagamaannya, melainkan pada bagaimana sistem secara otomatis mengarahkan dan menstabilkan suatu sudut tertentu secara realtime dengan bantuan sensor dan aktuator.

Dalam sistem ini, digunakan sensor magnetometer HMC5883L sebagai pendeteksi arah, Penggunaan sensor magnetometer sebagai kompas digital telah banyak dikembangkan dalam beberapa penelitian. (Zhang et al, 2024) merancang sistem kompas portabel berpresisi tinggi berbasis TMR, yang menunjukkan kemampuan koreksi kesalahan heading secara *real-time.* Demikian pula, (Nurgizat dan Kim, 2003) memanfaatkan kombinasi magnetometer dan akselero meter untuk estimasi orientasi pada sistem CubeSat, yang relevan untuk penerapan kendali sudut berbasis Arduino.

Stepper motor digunakan sebagai aktuator, sistem kendali berbasis arduino umumnya menggunakan motor stepper sebagai aktuator untuk mencapai presisi pergerakan. (Tchao et al, 2022) mengimplementasikan sistem pelacak surya dual-axis berbasis Arduino dengan stepper motor, yang memperlihatkan kemampuan pengendalian sudut azimuth-elevas dengan akurasi tinggi. (Kumba et al, 2024) juga menegaskan bahwa integrasi aktuator dengan sensor arah sangat penting dalam menjaga keakuratan sistem pelacak sudut pada berbagai aplikasi.

dan arduino sebagai pusat pemrosesan data dan kendali. Arduino terbukti sebagai platform yang murah dan fleksibel untuk pengembangan sistem kendali. (Hernandez Rodriguez et al, 2023) membuktikan bahwa sistem sensor *multipurpose* berbasis arduino memiliki realibilitas tinggi dalam akuisisi data orientasi. Sementara itu (Daoud, 2021) menekankan penerapan *feedback control loop* dengan Arduino pada sistem kendali temperatur, yang secara metodologis dapat diterapkan pula pada kendali sudut dan arah.

Dengan demikian, penelitian ini menitikberatkan pada aspek perancangan, implementasi dan pengujian performa sistem kendali sudut berbasis arduino secara umum. (Jabbar et al, 2024) memperluas penggunaan magnetometer ke dalam sistem IoT untuk manajemen parkir, yang menunjukkan potensi pengembangan sistem kendali arah berbasis sensor magnetik ke ranah aplikasi cerdas lainnya. (sobko et al, 2024) juga memperkenalkan pemetaan medan magnet tiga dimensi menggunakan sensor miniatur yang berpotensi mendukung peningkatan akurasi kalibrasi sistem stabilisasi arah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *research dan development.* pada penelitian ini pencarian data tentang teori giroskopik dan pengembangan secara mekanis yang menunjukkan tahapan yang harus di ikuti untuk menghasilkan sebuah produk tertentu dan menguji ke efektivan produk tersebut

2.2. Lokasi Dan Waktu Penelitian

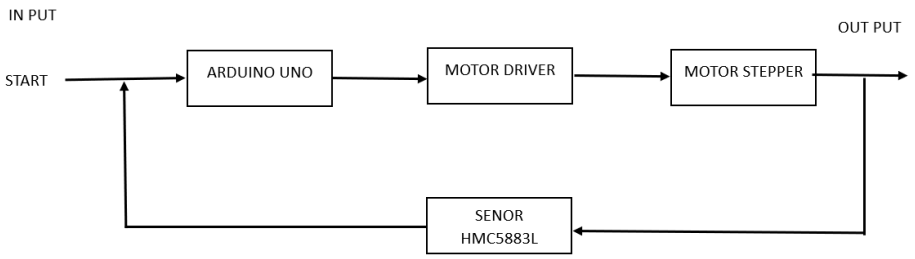
Lokasi penelitian ini di lakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare, waktu penelitian dilakukan selama kurang lebih tiga bulan, berikut penjabaran berdasarkan tabel *timeline* kegitan dibawah

Tabel 1. *Timeline* Kegiatan

No	Kegiatan	Waktu kegiatan											
		Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literature	■	■	■									
2	Perancangan perangkat keras				■	■	■						
3	Perancangan perangkat lunak							■	■	■			
4	Pembuatan laporan hasil penelitian										■	■	■

Tebel *timeline* kegiatan menjabarkan pada bulan pertama sampai minggu ke tiga dilakukan studi literatur, studi literatur ini mencakup landasan teori, konsep, defenisi dan kerangka pemikiran serta mencari sumber rujukan. Dilanjutkan ke perancangan perangkat keras selama kurang lebih 3 minggu, setelah menyelesaikan perancangan perangkat keras dilanjut ke perancangan perangkat lunak untuk mendefenisikan kerja sistem secara terstruktur dan tahap akhir dari *timeline* kegiatan adalah membuat laporan hasil penelitian berdasarkan data yang diperoleh dari kinerja sistem dan pengambilan data

2.3. Rancangan Sistem



Gambar 1. Rancangan Sistem

Pada gambar di atas menggambarkan sistem mulai bekerja dari pembacaan sudut derajat yang diperoleh dari sensor kemudian sensor memberikan data pada mikrokontroler, mikrokontroler sebagai tempat pengelolaan data akan memproses data kemudian memberikan output ke motor driver, lalu motor driver akan memberikan input kepada motor untuk menentukan arah putaran dan menggerakkan aktuator, kemudian sudut kemiringan kembali dibaca oleh sensor

2.4. Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dari berbagai komponen elektronik yang dirancang untuk membangun sistem kendali stabilazator sudut/arah berbasis arduino. Komponen tersebut di rincikan pada tabel 2.

Tabel 2. Alat dan Bahan

NO	Nama Komponen	Spesifikasi singkat dan fungsi
1	Arduino uno	Mikrokontroler berbasis ATmega328P. untuk menjalankan program, mengelolah input dan output, dan menyimpan data
2	Sensor HMC5388L	Sensor magnetor meter dengan 3 sumbu X,Y,Z untuk mendeteksi arah. Berfungsi untuk menentukan sudut atau arah
3	Driver motor Stepper ULN2003	Modur driver dengan tegangan 5v DC, Berfungsi untuk pergerakan motor
4	Motor Stepper	Motor listrik unipolar 4 fase yang bergerak dalam langkah-langkah kecil, sebagai aktuator sudut dan arah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini perancangan sistem terbagi menjadi dua yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, dimana perangkat keras terdiri dari gabungan beberapa komponen sehingga menghasilkan sebuah sistem kendali.

Perancangan perangkat keras dilakukan sebagai bagian penting dalam penelitian ini, rancangan ini menjelaskan tentang bentuk dan komponen apa saja yang digunakan serta *wiring* komponen dari beberapa referensi agar dapat memberikan akurasi dalam pembacaan data atau penelitian. Hal ini dimaksudkan agar sistem kendali dan stabilizator arah/sudut berbasis arduino dapat berjalan berdasarkan deskripsi awal seperti yang direncanakan.

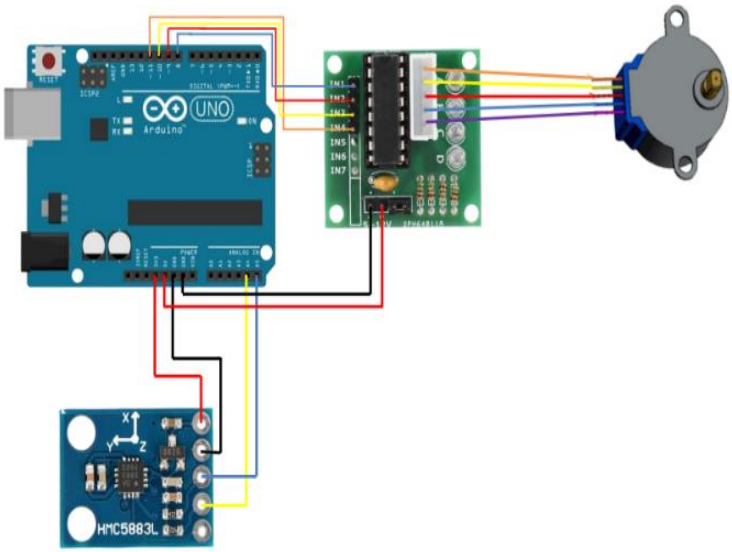
3.1. Perancangan Perangkat keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari koneksi antara driver motor stepper ULN2003 dengan motor stepper hal ini bertujuan untuk mengontrol kendali arah dab langkah motor stepper, dengan adanya koneksi antara kedua komponen ini diharapkan meningkatkan akurasi pergerakan pada motor agar tidak melebihi titik yang diinginkan.

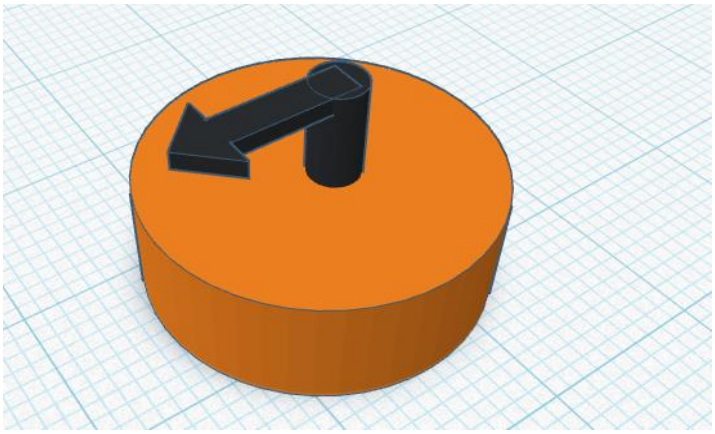
Rangkaian selanjutnya adalah koneksi antara driver motor stepper dan arduino koneksi ini bertujuan untuk memberikan perintah besaran langkah yang akan diambil

motor berdasarkan pembacaan sensor yang telah diolah oleh arduino, koneksi kedua komponen dihubungkan berdasarkan pin driver IN1, IN2, IN3, IN4, dihubungkan ke pin arduino 8, 9, 10, dan 11 sebagai koneksi pin sinyal dua HIGH dan dua LOW, serta pin positif dan negatif dihubungkan pada 5v dan GND arduino IDE sebagai suply tegangan dan grounding driver motor

Selanjutnya adalah rangkaian sensor dan arduino sebagai pembaca sudut atau arah yang akan dituju berfungsi juga untuk menghitung kesalahan sudut yang terjadi pada sistem koneksi antara kedua komponen ini adalah pin sensor VCC dihubungkan dengan pin 5V arduino sebagai suply tegangan dan GND dihubungkan dengan GND arduino sebagai ground sensor, serta sensor SCL dihubungkan pada pin A5 arduino sebagai pengatur singkronasi antara sensor dan arduino dan SDA dihubungkan ke pin A4 arduino sebagai pengirim dan penerima sinyal data



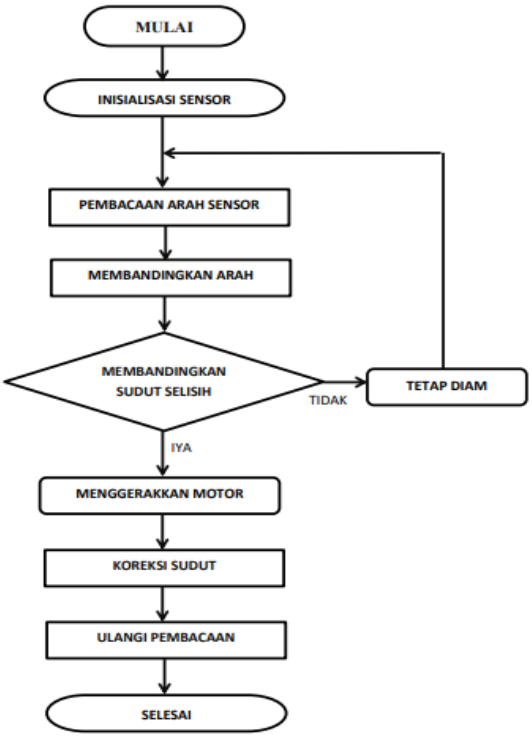
Gambar 2. Rangkaian sistem kendali dan stabilzator sudut dan arah



Gambar 3. Desain Konstruksi

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini berfungsi untuk mengatur kinerja sistem tentang input dan output dari perangkat keras, seperti respon pergerakan atau *feedback* yang dibaca oleh sistem kemudian diolah kembali untuk mendapatkan hasil yang akurat. Dalam hal ini akan menjabarkan dua hal yakni alur pemrograman (*flowchart)* dan pemrograman arduino IDE.



Gambar 3. Alur Pemrograman (Flowcart)

Gambar 3. menunjukkan alur pemrograman yang awali dengan sistem, kemudian dilanjut inisialisasi sensor. Yang kemudian dilanjut pembacaan sensor dan perbandingan arah yang dibaca saat ini dan arah yang telah ditentukan, apabila ada nilai error atau kesalahan maka arduino akan memberikan perintah motor untuk bergerak dan mengoreksi kesalahan, apabila tidak ada maka motor tidak akan digerakkan, dan memulai kembali ke pembacaan arah sensor sampai adanya kesalahan yang terdeteksi oleh sistem.

3.3. Pengujian

Pengujian yang dilakukan dengan cara memutar alat secara acak dengan simpangan terjauh dengan acuan sudut atau target adalah 292 derajat, lalu sistem akan mendeteksi dan mengambil keputusan bergerak searah (*Clockwise*) atau berlawanan (*Counter*-Clockwise) arah jarum jam Berdasarkan sudut yang diatur yakni +180 derajat untuk putaran searah arah jarum jam dan -180 derajat untuk putaran berlawanan arah jarum jam. dengan menjumlahkan derajat masing-masing arah putaran (+180) + (-180)

derajat untuk mendapatkan nilai 360 derajat, hasil pengujian sudut dan arah di tunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4.



Gambar 4. Pengujian Respon Sistem

pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui respon sensor dan gerak motor apakah selaras, dengan cara memperhatikan data yang terbaca pada serial monitor dan yang ditampilkan pada kompas digital. pengujian menggunakan alat bantu kompas digital pada smartphone untuk melihat sudut yang diperoleh, dapat dikatakan penggunaan alat bantu ini hanya sebagai parameter pembacaan sudut bukan sebagai acuan pokok pada penelitian ini. pembacaan sensor dan gerak motor selaras di karenakan semakin jauh perbedaan sudut maka semakin besar kesalahan yang dideteksi motor, begitu pun sebaliknya sampai pada titik yang ditentukan yakni 292 derajat.

Pada pengambilan data dilakukan dengan menguji sistem secara keseluruhan berdasarkan simpangan terjauh dari sudut yang ditentukan, pengambilan data dilakukan dengan dua cara yakni searah jarum jam (*Clockwise*) dan berlawanan arah jarum jam (*Counter-Clockwise*)

Tabel 3. Data *Clockwise*

STEP	SUDUT	SIMPANGAN
1	120.42	171.58
2	123.44	168.56
3	127.18	164.82
4	131.47	160.53
5	135.00	157.00
6	137.12	154.88
7	139.40	152.60
8	142.80	149.20
9	146.48	145.52

Bersambung

Lanjutan

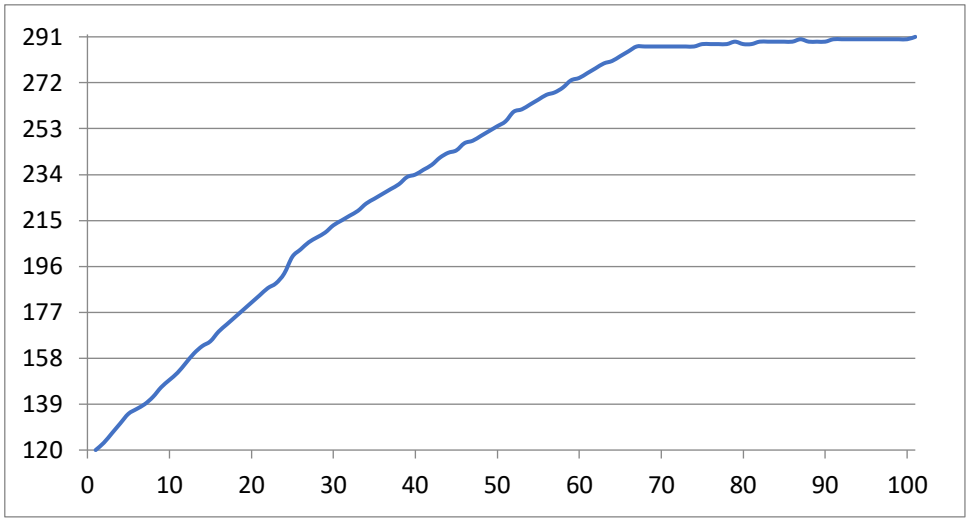
10	149.52	142.48
11	152.54	139.46
12	156.67	135.33
13	160.23	131.77
14	163.17	128.83
15	165.83	126.17
16	169.44	122.56
17	172.35	119.65
18	175.98	116.02
19	178.44	113.56
20	181.34	110.66
21	184.57	107.43
22	187.13	104.87
23	189.83	102.17
24	193.18	98.82
27	200.63	91.37
28	203.20	88.80
29	206.06	85.94
30	208.49	83.51
31	210.80	81.20
32	213.17	78.83
33	215.49	76.51
34	217.31	74.69
35	219.46	72.54
36	222.14	69.86
37	224.65	67.35
38	226.22	65.78
39	228.51	63.49
40	230.54	61.46
41	233.11	58.89
42	234.86	57.14
43	236.69	55.31
44	238.82	53.18
45	241.18	50.82
46	243.19	48.81
47	244.72	47.28
48	247.10	44.90
49	248.84	43.16
50	250.92	41.08
51	252.44	39.56
52	254.63	37.37
53	256.95	35.05
54	260.10	31.90
55	261.64	30.36
56	263.87	28.13
57	265.72	26.28
58	267.36	24.64
59	268.79	23.21
60	270.90	21.10
61	273.01	18.99
62	274.62	17.38

Bersambung

Lanjutan

63	276.13	15.87
64	278.23	13.77
65	280.31	11.69
66	281.82	10.18
67	283.29	8.71
68	285.56	6.44
69	287.32	4.68
70	287.26	4.74
71	287.38	4.62
72	287.64	4.36
73	287.71	4.29
74	287.96	4.04
75	287.70	4.30
76	287.76	4.24
77	288.34	3.66
78	288.47	3.53
79	288.28	3.72
80	288.85	3.15
81	289.10	2.90
82	288.66	3.34
83	288.82	3.18
84	289.01	2.99
85	289.36	2.64
86	289.26	2.74
87	289.10	2.90
88	289.48	2.52
89	290.16	1.84
90	289.84	2.16
91	289.99	2.01
92	290.33	1.67
94	290.38	1.62
95	290.19	1.81
96	290.88	1.12
97	290.92	1.08
98	290.96	1.04
99	290.54	1.46
100	290.80	1.20
101	291.53	0.47

Pada tabel 3. data *Clockwise* dapat dilihat bahwa sudut awal adalah 120.42 derajat dan Simpangan yang terbaca adalah 171.58 derajat, juga didapat dilihat untuk mendapatkan hasil yang di inginkan motor stepper perlu mengambil langkah sebesar 101 langkah. untuk langkah yang diambil motor akan semakin mengecil apabila mendekati sudut yang ditentukan yakni 292 derajat. seperti pada yang diperlihatkan pada tabel 1.



Grafik 1 Grafik *Clockwise*

Berdasarkan Tabel 4. Data *Clockwise* juga dapat dilihat bahwa sudut awal adalah 108.50 derajat dan error yang terbaca adalah 176.50 derajat, dan motor stepper membutuhkan langkah sebanyak 94 kali untuk mencapai sudut 292 derajat, di mana dapat dilihat pada kurva grafik semakin besar simpangan yang terbaca maka semakin besar langkah yang diambil motor stepper dan langkah akan mengecil bila simpangan sudah mendekati sudut yang ditentukan. atau sesuai dengan yang ingin dicapai pada penelitian ini.

Tabel 4. Data *Counter-Clockwise*

STEP	SUDUT	SIMPANGAN
1	108.50	-176.50
2	104.83	-172.83
3	100.44	-168.44
4	95.75	-163.75
5	93.71	-161.71
6	89.57	-157.57
7	86.94	-154.94
8	84.09	-152.09
9	80.96	-148.96
10	76.89	-144.89
11	72.03	-140.03
12	69.02	-137.02
13	65.74	-133.74
14	61.23	-129.23
15	56.76	-124.76
16	53.97	-121.97
17	51.25	-119.25
18	47.45	-115.45
19	42.70	-110.70
20	40.12	-108.12
21	37.21	-105.21
22	33.49	-101.49
23	29.19	-97.19
24	26.64	-94.64

Bersambung

Lanjutan

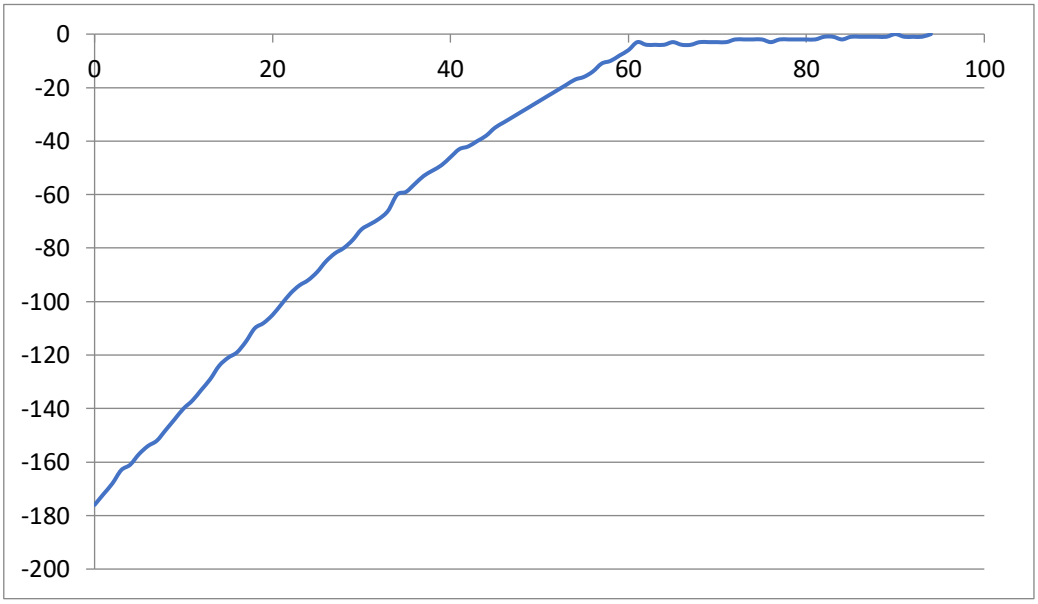
25	24.87	-92.87
26	21.15	-89.15
27	17.14	-85.14
28	14.75	-82.75
29	12.65	-80.65
30	9.18	-77.18
31	5.24	-73.24
32	3.75	-71.75
33	1.63	-69.63
34	358.27	-66.27
35	354.90	-62.90
36	352.98	-60.98
37	351.13	-59.13
38	348.37	-56.37
39	345.16	-53.16
40	343.34	-51.34
41	341.44	-49.44
42	338.97	-46.97
43	335.87	-43.87
44	334.04	-42.04
45	332.56	-40.56
46	330.28	-38.28
47	327.25	-35.25
48	325.54	-33.54
49	323.94	-31.94
50	321.80	-29.80
51	319.19	-27.19
52	317.12	-25.12
53	315.78	-23.78
54	313.55	-21.55
55	311.08	-19.08
56	309.85	-17.85
57	308.35	-16.35
58	306.04	-14.04
59	303.66	-11.66
60	302.08	-10.08
61	300.61	-8.61
62	298.39	-6.39
63	295.89	-3.89
64	296.39	-4.39
65	296.66	-4.66
66	296.11	-4.11
67	295.58	-3.58
68	296.11	-4.11
69	296.25	-4.25
70	295.62	-3.62
71	295.30	-3.30
72	295.48	-3.48
73	295.48	-3.48
74	294.98	-2.98
75	294.68	-2.68
76	294.77	-2.77
77	295.30	-3.30
78	294.49	-2.49
79	294.00	-2.00
80	294.41	-2.41

Bersabung

Lanjutan

81	294.67	-2.67
82	294.03	-2.03
83	293.83	-1.83
84	293.96	-1.96
85	294.28	-2.28
86	293.58	-1.58
87	293.47	-1.47
88	293.51	-1.51
89	293.58	-1.58
90	293.05	-1.05
91	292.62	-0.62
92	293.15	-1.15
93	293.24	-1.24
94	292.62	-0.62

Berdasarkan Tabel 4. juga dapat dilihat bahwa sudut awal adalah 108.50 derajat dan error yang terbaca adalah 176.50 derajat, dan motor stepper membutuhkan langkah sebanyak 94 kali untuk mencapai sudut 292 derajat atau sesuai dengan yang ingin dicapai pada penelitian ini.



Grafik 2. Grafik *Counter-Clockwise*

Grafik data diatas dapat dilihat bahwa pergerakan atau langkah motor stepper semakin mengecil apabila akan mendekati titik yang telah ditentukan dimana langkah awal dimulai dari sudut -176 derajat *half circle* dan diakhiri di titik 0 pada langkah ke 94, dimana titik nol adalah arah kiblat 292 derajat

4. KESIMPULAN

Dalam pengujian dan pengambilan data dapat dilihat pada tabel, sistem mampu menentukan langkah dan sudut dengan sangat baik dengan menghitung sudut terdekat untuk mengambil langkah ke arah berlawanan (*Counter-Clockwise)* atau searah jarum jam (*Clockwise*) dengan menggunakan teori *Half Circle*. Kinerja sistem efektif dalam mengurangi simpangan sudut secara bertahap dimana semakin besar kesalahan yang dideteksi maka semakin besar step atau langkah yang diambil motor pun sebaliknya jika semakin kecil kesalahan yang dideteksi maka motor akan memperkecil langkah agar dapat mencapai titik yang ditentukan dengan baik. sistem ini dapat diaplikasikan secara fleksibel pada beberapa perangkat atau alat navigasi lainnya dengan mengatur sudut pada program untuk menentukan arah atau titik yang dicapai

REFERENSI

Lubis, S. dkk., (2020). The Desaign And Qibla Direction By Using The HMC884L Sensor As A Compas RHI in UMSU Science Laboratory (IOF). BIREX Journal, 2(1), 23-30.

Asrim, A., et al. (2023) Development of Qiblat finder asisted device for visual impaired (VFAD). Malaysian Journal of Engineering Research (MJER), 8(2), 1-9

Sanjaya, W. A., et al. (2024). Internet of Things enabled parking management system using magnetometer sensors Array, 23, 100239.

Zhang, S., Sun, B., Zhang, Y., Wang, K., & Zhou, Y. (2024). Development and application of an optimized dual-axis solar tracking system. Heliyon, 8(10), e10935

Nurzigat, Y., & Kim, S. (2023). Low-Cost orientation determination system for CubeSat using magnetometer and accelerometers. Sensors, 23(14), 6388

Tchao, E. T., Dzorgbenyui, K., & Kofi, A. (2022). An implementation of an optimized dual-axis solar tracking system. Heliyon, 8(10), e10935

Kumba, K., Fosa, M., & Garnero, G. (2024). Solar tracking system : Advancement, challenger, and oppoturnities. Energy Report, 10, 12345-12366

Hernandez-Rodriguez, E., Romero-Placeres, M., & Perez-Rodriguez, R. (2023). Realiability testing of a low-cost, multi-purpose Arduino-based sensor patform. Sensors, 23(17), 7412.

Daoud, A. (2021). An Arduino-based low-cost hardware for temperature control. WSEAS Transaction on system, 20, 62-71.

Jabbar, W. A., et al. (2023) Internet of things enabled parking management system using magnetormeter sensors. Array, 23, 100239.

Sokbo, A., et al. (2024). The development of a 3D magnetic field scanner using a miniature 3-axis sensor. Magnetochemistry, 2(4), 14