



TEKNOLOGI NUSANTARA

Jurnal Penelitian Fakultas Teknik UNINUS

<http://ojs.uninus.ac.id/index.php/teknologinusantara>

E-ISSN : 2964-4577

RANCANG BANGUN SISTEM AUTO KOMPAS UNTUK AIR SURVEILLANCE RADAR MENGGUNAKAN SENSOR HMC 5883L BERBASIS MIKROKONTROLER

Ganis Sanhaji¹

*Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara,
Ganis_sanhaji@uninus.ac.id*

Yussi Perdana Saputera

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,

Akmal Birly Ashidiqi

Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara

ABSTRACT

Proses penentuan posisi radar saat gelar perang sangat penting dan diperlukan agar operator radar dapat menemukan posisi yang menguntungkan serta dapat melakukan pengaturan yang tepat sehingga radar dapat mendeteksi objek dengan baik. Hal tersebut diperlukan sebab perangkat lunak yang digunakan umumnya menghadap ke arah utara, sehingga penting bagi operator radar untuk dapat membaca dan menentukan arah mata angin dengan baik. Pada proses ini diperlukan ketelitian dan akurasi tinggi untuk menentukan arah mata angin dan posisi radar, sedangkan proses penentuan arah ini masih sering menggunakan cara manual dengan membaca kompas analog atau digital yang belum terintegrasi dengan perangkat lunak radar. Kejenuhan indra pengelihatan dan kondisi fisik operator sangat mempengaruhi ketelitian dalam pembacaan arah mata angin tersebut. Pada penelitian ini, dirancang alat yang mampu membaca dan menentukan arah mata angin dengan tepat secara otomatis (auto kompas). Sistem auto kompas ini menggunakan sensor giroskop yang akan mendeteksi pergerakan dan perpindahan unit radar. Data yang dihasilkan dari sensor giroskop akan diolah oleh mikrokontroler menjadi sebuah informasi, sehingga akan memberikan titik koordinat yang akurat dan dapat bersinergi di medan tempur.

Keywords: radar; kompas; sensor giroskop; mikrokontroler;

PENDAHULUAN

Radar pada dasarnya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mendeteksi

objek di suatu area, kemudian menampilkannya dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi. Radar dapat

menggantikan fungsi mata manusia untuk memantau objek yang jauh dalam rentang spesifikasi yang ditentukan. Radar merupakan singkatan dari Radio Detection and Ranging ditemukan oleh Christian Hulsmeyer pada tahun 1904 yang membuktikan bahwa gelombang elektromagnetik dapat mendeteksi keberadaan kapal dalam cuaca berkabut. Radar dapat digunakan dalam prakiraan cuaca, navigasi pelayaran, navigasi penerbangan, pertahanan militer dan bidang lainnya.

Radar dibagi menjadi beberapa bagian. Menurut bentuk gelombangnya, radar dibagi menjadi dua jenis, yaitu radar gelombang kontinu dan radar pulsa. Sedangkan menurut jumlah antenanya, dibagi menjadi dua jenis, yaitu radar monostatic dan radar bistatik/multistatis. Dalam hal ini, radar udara Arhanud diklasifikasikan sebagai radar pulsa. Radar pulsa adalah radar yang memotong gelombang elektromagnetik secara berirama.

Dalam penggunaannya, radar membutuhkan beberapa perangkat pendukung, salah satunya adalah Kompas. Secara umum penggunaan kompas masih manual, namun penggunaan kompas secara manual dinilai kurang efisien karena tidak terintegrasi dengan perangkat lunak radar. Oleh karena itu, kompas otomatis dibuat untuk memudahkan operator radar dalam menentukan arah dasar secara akurat dan secara otomatis terintegrasi kedalam sistem radar.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Adapun informasi tahapan dan metode penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

Tahap Persiapan

Proses yang dilakukan adalah penelitian kepustakaan, metode mencari dan menemukan teori atau prinsip tugas akhir, dan jurnal ilmiah yang berkaitan dengan topik penelitian perancangan.

Karakteristik Sensor HMC5883L

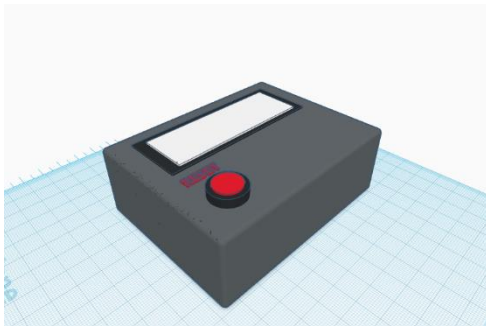
Analisis sensor HMC5883L dengan menguji dan membandingkan hasil pengukuran berdasarkan akurasi dari sensor HMC5883L, Kompas analog, dan Kompas digital (HP).

Perancangan Hardware (Perangkat Keras)

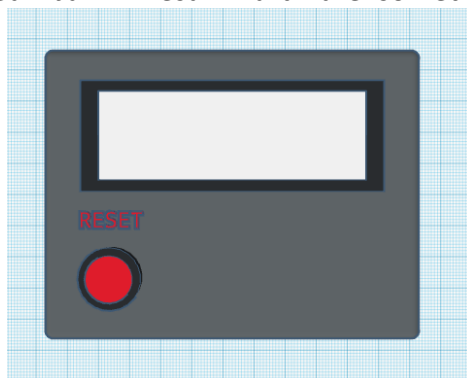
Integrasi komponen perangkat keras seperti Arduino Uno, sensor HMC5883L, LED, LCD 16x2, Saklar Tekan, Kabel Jumper dan kotak sirkuit dilakukan, sehingga berfungsi sesuai dengan skema desain rangkaian yang telah dibuat.

Desain Alat

Dalam perancangan auto kompas ini berbentuk kotak yang di desain sedemikian mungkin. dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



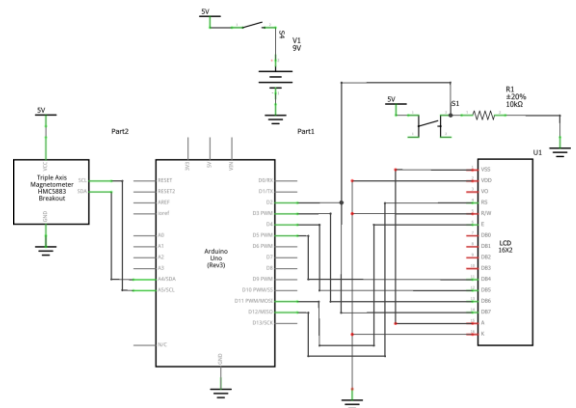
Gambar 2. Desain Hardware Isometric



Gambar 3. Desain Hardware Tampak Atas

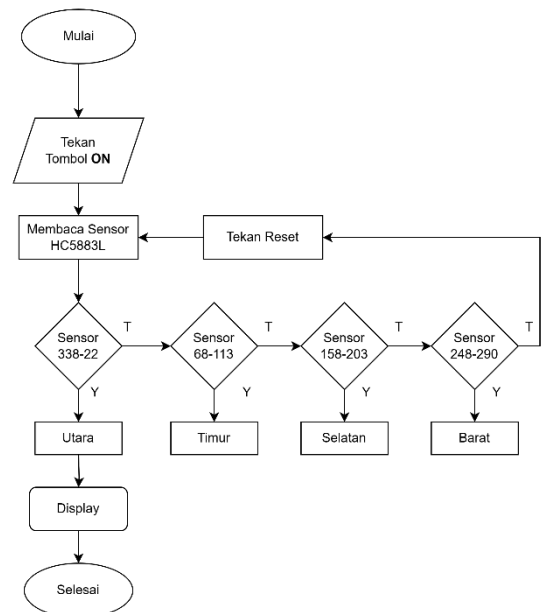
Desain Skematik Rangkaian

Pada kesempatan kali ini penulis melakukan perancangan pembuatan skematik rangkaian ini menggunakan aplikasi Fritzing. Berikut adalah desain skematik rangkaian yang dirancang oleh penulis :



Gambar 4. Desain Skematik Rangkaian Perancangan Software (Perangkat Lunak) Pada tahap ini perancangan perangkat lunak meliputi pemrograman Arduino Uno dalam aplikasi Arduino IDE agar dapat berjalan sesuai program yang dibuat.

Alur Perancangan



Gambar 5. Flowchart Perancangan Program Alat Pengujian

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah kompas yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai dengan keluaran yang diharapkan, dengan membandingkan penggunaan sensor HMC5883L, Kompas analog, dan Kompas Digital (HP)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap perancangan hardware dilakukannya proses integrasi pada komponen-komponen yang dibutuhkan seperti Arduino Uno, Sensor HMC5883L, Modul I2C, LED, kabel, LCD 16x2 dan box rangkaian. Semua komponen disusun dan di rancang sesuai dengan desain yang telah dibuat dan berfungsi dalam menentukan arah mata angin seperti halnya fungsi pada Kompas digital. Alat yang dirancang dapat terintegrasi dengan software radar surveillance yang sudah ada untuk dapat menentukan heading atau sudut arah radar menghadap.



Gambar 3. Alat Tampak Dalam

Tabel 1. Spesifikasi Alat



Gambar 2. Alat Tampak Atas

Nama	Auto Kompas
Alat	
Jenis	Kompas Digital

Fungsi	Menentukan arah mata angin
Sensor	HMC5883L
Display	LCD 16x2
Dimensi	P = 10 cm, L = 8 cm, T = 3,5 cm
Catu Daya	5-12 DC (rekomendasi 9V)

Pada penelitian yang dilakukan pengujian pada sensor kompas HMC 5883L dapat membaca 8 arah mata angin yang akan ditampilkan pada layar LCD dalam bentuk besaran derajat dalam angka sekaligus menunjukkan arah yang di tuju oleh sumbu Y, baik sisi Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat dan Barat Laut. Selain menampilkan setiap besaran sudut dan arah mata angin pada layar LCD, besaran sudut dan arah mata angin juga di tunjukkan oleh perangkat lunak pada laptop yang akan mengeluarkan besaran sudut dan arah, sesuai dengan data yang diterima oleh sensor HMC5883L kemudian akan di suaikan dengan hasil yang di tampilkan pada layar LCD. Hasil dari pengujian alat ini di tampilkan dalam bentuk gambar pada setiap arah mata angin dan di tampilkan dalam bentuk tabel, data yang didapatkan dari pengujian diharapkan dapat mendampigi hasil pembacaan dari auto kompas guna memperkuat data hasil pembacaan.

Berikut adalah tabel pengujian dari tiap-tiap derajat yang menentukan arah mata angin.

Tabel 2. Data besaran sudut dan arah mata angin

Percobaan	Besaran Sudut	Arah Mata Angin
1	338 ⁰ - 22 ⁰	Utara

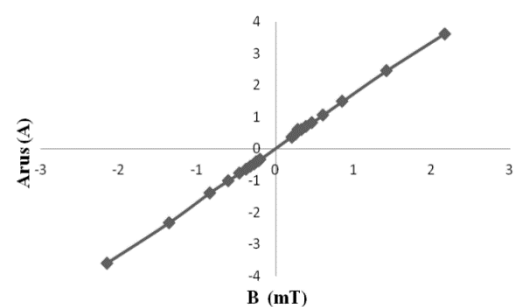
2	22 ⁰ - 68 ⁰	Timur Laut
3	68 ⁰ - 113 ⁰	Timur
4	113 ⁰ - 158 ⁰	Tenggara
5	158 ⁰ - 203 ⁰	Selatan
6	203 ⁰ - 248 ⁰	Barat daya
7	248 ⁰ - 293 ⁰	Barat
8	293 ⁰ - 338 ⁰	Barat Laut

Proses pengujian dilakukan pada komponen, perangkat keras maupun perangkat lunak agar dapat diketahui sejauh mana objek dapat bekerja dengan baik dan tepat. Hasil yang didapatkan pada tahap pengujian akan mempermudah penulis dalam menganalisa kesalahan serta memperbaiki untuk kesempurnaan. Pengujian sistem meliputi beberapa bagian, yaitu :

1. Pengujian Modul Arduino UNO.
2. Pengujian Modul Kompas HMC5883L.
3. Pengujian GUI.

Hasil Pengujian Sensor Kompas HMC5883L

Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan solenoida P. Hasil dari kaibrasi lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.

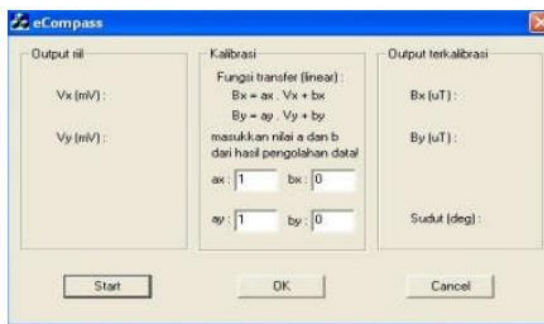


Gambar 4. Grafik hubungan antara arus kalibrator terhadap keluaran kuat medan magnet dari alat

Gambar diatas terlihat sebuah grafik yang mempunyai hubungan linear yang dapat dinyatakan dalam persamaan linier seperti berikut:

$$B(\text{mT}) = 1.6942 I + 0.024$$

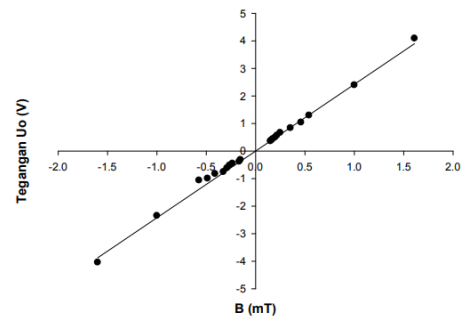
Persamaan diatas digunakan untuk mengkonversikan output tegangan sensor HMC5883L. Sistem akuisisi data pada penelitian ini menggunakan ADC serial 12 bit dengan tipe ADC 7822. Tampilan dikomputer telah dirancang sebelumnya dengan menggunakan Software Visual C. Adapun bentuk dari tampilan hasil akuisisi data pada komputer dapat dilihat pada Gambar berikut ini :



Gambar 5. Tampilan program akuisisi data

Tampilan Visual C++ ini terlebih dahulu dilakukan pendesaian tampilan dan menambahkan komponen tambahan sesuai dengan apa yang diinginkan sehingga tampilan terlihat menarik.

Hasil Pengukuran Kuat Medan Magnet merupakan tegangan keluaran sensor dalam fungsi arus yang kemudian dikonversikan ke dalam satuan mT menggunakan persamaan 1 data pengukuran kemudian diolah dan ditampilkan dengan menggunakan program Sigma Plot sebagai fungsi transfer seperti Gambar berikut ini :

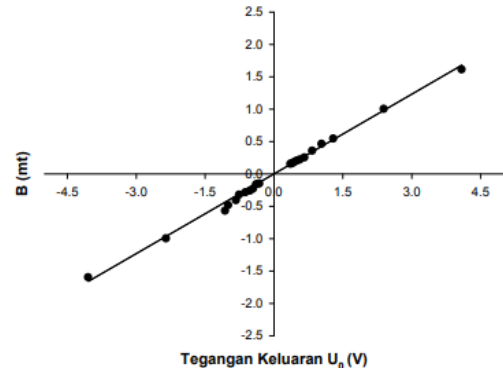


Gambar 6. Hubungan antara tegangan Uo dengan medan magnet B

Grafik seperti Gambar diatas dapat dinyatakan dalam persamaan linier seperti berikut:

$$U_o = 0,4107 I - 0,0229$$

Pada Gambar diatas dapat dilihat bahwa pada solenoida terjadi kenaikan kuat tegangan keluaran dengan semakin bertambahnya medan magnet yang diberikan.



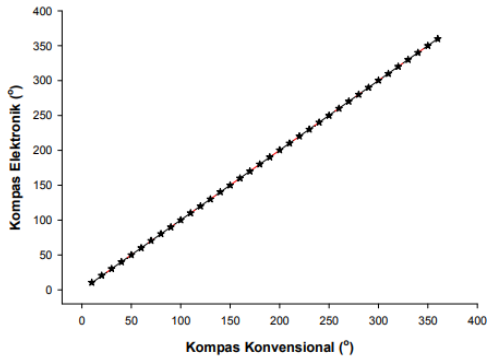
Gambar 7. Grafik penjelasan pengaruh medan magnetik terhadap keluaran sensor

Data yang di dapat di peroleh juga hubungan antara medan agnetic alat dengan tegangan keluaran seperti pada Persamaan berikut ini :

$$U_o = 2,4246 B + 0,0555$$

Persamaan diatas ini menunjukkan perubahan tegangan keluaran alat akibat dari perubahan medan magnetik yang dideteksi. Bentuk grafik yang telah dimodelkan

menggunakan Sigma Plot dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut.

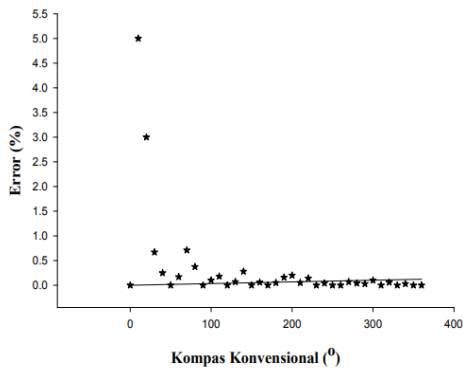


Gambar 8. Grafik hubungan antara arah sudut pada kompas konvensional

Grafik yang terlihat pada Gambar diatas dapat di nyatakan dalam persamaan berikut ini

$$y = 0.9993x + 0.2798$$

Error yang diperoleh dari alat yang dapat dimodelkan sebagaimana grafik berikut ini :



Gambar 9. Grafik error yang di sebabkan oleh noise



Gambar 10. Proses Pengujian



Gambar 11. Pengujian Arah Utara



Gambar 12. Pengujian Arah Timur Laut



Gambar 13. Pengujian Arah Timur



Gambar 16. Pengujian Arah Barat Daya



Gambar 14. Pengujian Arah Tenggara



Gambar 17. Pengujian Arah Barat



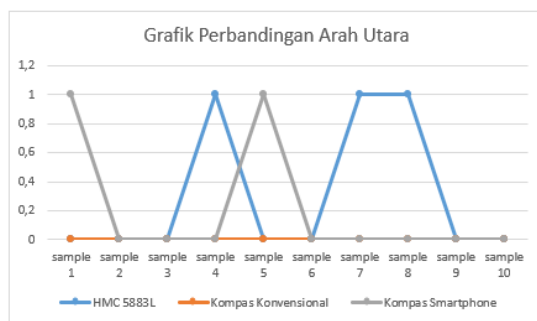
Gambar 15. Pengujian Arah Selatan



Gambar 18. Pengujian Arah Barat Laut

Tabel 3. Perbandingan Arah Utara

Pengujian Ke	Utara			Standar Deviasi	Ketelitian
	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone		
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	0	0	1	0.5773503	99.42%
2	0	0	0	0	100.00%
3	0	0	0	0	100.00%
4	1	0	0	0.5773503	99.42%
5	0	0	1	0.5773503	99.42%
6	0	0	0	0	100.00%
7	1	0	0	0.5773503	99.42%
8	1	0	0	0.5773503	99.42%
9	0	0	0	0	100.00%
10	0	0	0	0	100.00%
Hasil Keseluruhan				0.2886751	99.71%

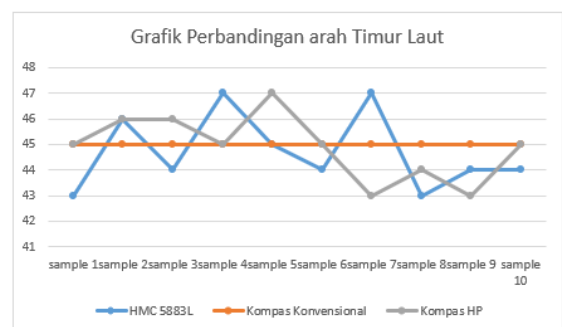


Gambar 19. Grafik Perbandingan arah Utara

Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.2886751% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.71%.

Tabel 4. Perbandingan arah Timur Laut

Pengujian Ke	Timur Laut			Standar Deviasi	Ketelitian
	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone		
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	43	45	45	1.1547005	98.85%
2	46	45	46	0.5773503	99.42%
3	44	45	46	1	99.00%
4	47	45	45	1.1547005	98.85%
5	45	45	47	1.1547005	98.85%
6	44	45	45	0.5773503	99.42%
7	47	45	43	2	98.00%
8	43	45	44	1	99.00%
9	44	45	43	1	99.00%
10	44	45	45	0.5773503	99.42%
Hasil Keseluruhan				1.0196152	98.98%



Gambar 20. Grafik Perbandingan arah Timur Laut

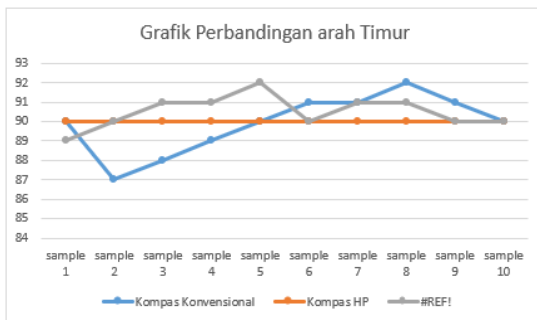
Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 1.0196152% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 98.98%.

Tabel 5. Perbandingan arah Timur

Timur					
Pengujian Ke	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone	Standar Deviasi	Ketelitian
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	90	90	89	0.5773503	99.42%
2	87	90	90	1.7320508	98.27%
3	88	90	91	1.5275252	98.47%
4	89	90	91	1	99.00%
5	90	90	92	1.1547005	98.85%
6	91	90	90	0.5773503	99.42%
7	91	90	91	0.5773503	99.42%
8	92	90	91	1	99.00%
9	91	90	90	0.5773503	99.42%
10	90	90	90	0	100.00%
Hasil Keseluruhan				0.8723678	99.13%

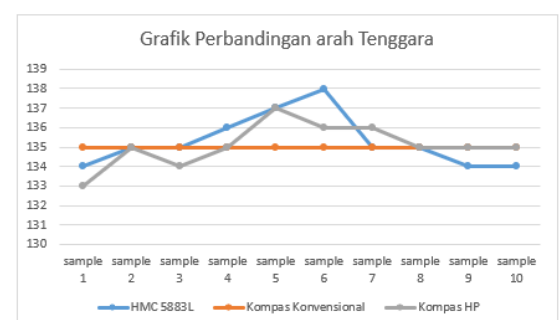
Tabel 6. Perbandingan arah Tenggara

Tenggara					
Pengujian Ke	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone	Standar Deviasi	Ketelitian
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	134	135	133	1	99.00%
2	135	135	135	0	100.00%
3	135	135	134	0.5773503	99.42%
4	136	135	135	0.5773503	99.42%
5	137	135	137	1.1547005	98.85%
6	138	135	136	1.5275252	98.47%
7	135	135	136	0.5773503	99.42%
8	135	135	135	0	100.00%
9	134	135	135	0.5773503	99.42%
10	134	135	135	0.5773503	99.42%
Hasil Keseluruhan				0.6568977	99.34%



Gambar 21. Grafik Perbandingan arah Timur

Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.8723678% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.13%.



Gambar 22. Grafik Perbandingan arah Tenggara

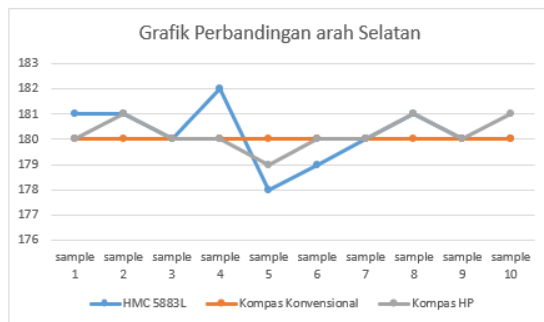
Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.6568977% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.34%.

Tabel 7. Perbandingan arah Selatan

Pengujian Ke	Selatan			Standar Deviasi	Ketelitian
	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone		
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	181	180	180	0.5773503	99.42%
2	181	180	181	0.5773503	99.42%
3	180	180	180	0	100.00%
4	182	180	180	1.1547005	98.85%
5	178	180	179	1	99.00%
6	179	180	180	0.5773503	99.42%
7	180	180	180	0	100.00%
8	181	180	181	0.5773503	99.42%
9	180	180	180	0	100.00%
10	180	180	181	0.5773503	99.42%
Hasil Keseluruhan				0.5041452	99.50%

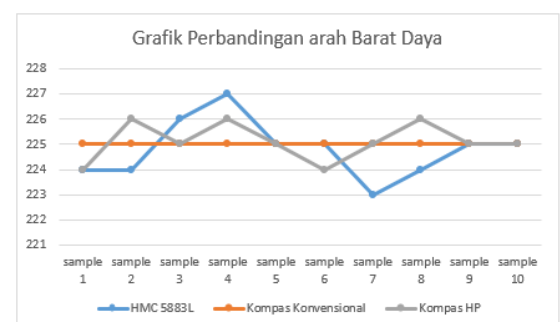
Tabel 8. Perbandingan arah Barat Daya

Pengujian Ke	Barat Daya			Standar Deviasi	Ketelitian
	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone		
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	224	225	224	0.5773503	99.42%
2	224	225	226	1	99.00%
3	226	225	225	0.5773503	99.42%
4	227	225	226	1	99.00%
5	225	225	225	0	100.00%
6	225	225	224	0.5773503	99.42%
7	223	225	225	1.1547005	98.85%
8	224	225	226	1	99.00%
9	225	225	225	0	100.00%
10	225	225	225	0	100.00%
Hasil Keseluruhan				0.5886751	99.41%



Gambar 23. Grafik Perbandingan arah Selatan

Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.5041452% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.50%.



Gambar 24. Grafik Perbandingan arah Barat Daya

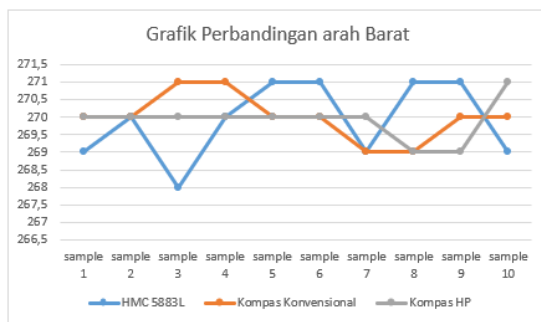
Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.5886751% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.41%.

Tabel 9. Perbandingan arah Barat

Pengujian Ke	Barat			Standar Deviasi	Ketelitian
	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone		
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	269	270	270	0.5773503	99.42%
2	270	270	270	0	100.00%
3	268	271	270	1.5275252	98.47%
4	270	271	270	0.5773503	99.42%
5	271	270	270	0.5773503	99.42%
6	271	270	270	0.5773503	99.42%
7	269	269	270	0.5773503	99.42%
8	271	269	269	1.1547005	98.85%
9	271	270	269	1	99.00%
10	269	270	271	1	99.00%
Hasil Keseluruhan				0.7568977	99.24%

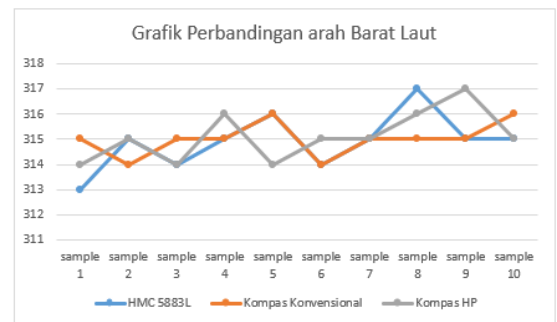
Tabel 10. Perbandingan arah Barat Laut

Pengujian Ke	Barat Laut			Standar Deviasi	Ketelitian
	Sensor HMC 5883L	Kompas Konv.	Kompas Smartphone		
	Nilai Sudut	Nilai Sudut	Nilai Sudut		
1	313	315	314	1	99.00%
2	315	314	315	0.5773503	99.42%
3	314	315	314	0.5773503	99.42%
4	315	315	316	0.5773503	99.42%
5	316	316	314	1.1547005	98.85%
6	314	314	315	0.5773503	99.42%
7	315	315	315	1.1547005	98.85%
8	317	315	316	0.5773503	99.42%
9	315	315	317	1.1547005	98.85%
10	315	316	315	0.5773503	99.42%
Hasil Keseluruhan				0.7928203	99.21%



Gambar 25. Grafik Perbandingan arah Barat

Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.7568977% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.24%.



Gambar 26. Grafik perbandingan arah Barat Laut

Terhitung nilai rata rata deviasi yang didapatkan pada 10 sampel percobaan mata angin menghadap arah Utara adalah sebesar 0.7928203% untuk perbandingan antara sensor HMC 5883L dengan kompas konvensional dan kompas smartphone (redmi 7). Dan memiliki tingkat ketelitian sebesar 99.21%.

Dalam penelitian ini hasil data uji sudut arah mata angin antara sensor HMC 5883L, kompas konvensional dan kompas HP (redmi note 7) yang telah dilakukan dengan 10 kali pengambilan data arah mata angin agar dapat

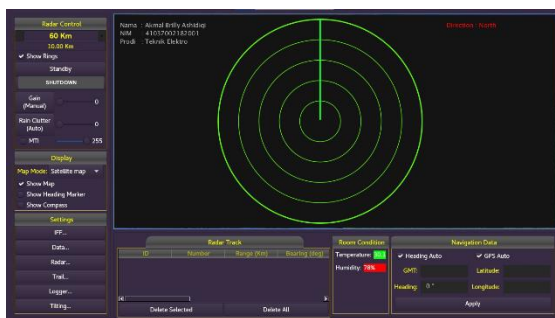
di ketahui keakuratan dalam pembacaan besaran sudut dan arah mata angin pada alat yang dirancang.

Tabel 11. Hasil Pengamatan Akhir

Direction	Standar Deviasi	Ketelitian
Utara	0.2886751	99.71%
Timur Laut	1.0196152	98.98%
Timur	0.8723678	99.13%
Tenggara	0.6568977	99.34%
Selatan	0.5041452	99.50%
Barat Daya	0.5886751	99.41%
Barat	0.7568977	99.24%
Barat Laut	0.7928203	99.21%
Total	0.685012	99.32%

Pengujian GUI(*Graphical Unit Interface*)

Pengujian GUI bertujuan untuk mengetahui apakah tampilan pada perangkat lunak mengalami *crash* atau masih memiliki *bug*, sehingga saat perangkat lunak digunakan akan bekerja dengan optimal. Berikut tampilan program Arduino yang telah di program khusus untuk sensor HMC 5883L.



Gambar 27. Tampilan GUI pada Software Auto Comp

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian mendapatkan hasil dari percobaan dan pembahasan serta dapat menyimpulkan bahwa kemampuan sensor HMC 5883L yakni :

1. Memiliki sensitivitas yang cukup tinggi serta pembacaan yang cukup baik dengan rata rata standar deviasi setiap arah mata angin 0.685012 dan ketelitian 99.32%.
2. Hasil pembacaan sensor HMC 5883L sangat mudah dipahami karena ditampilkan pada layar LCD beserta arah dan besaran sudut yang dibaca oleh sensor, serta dilengkapi dengan display pada aplikasi.
3. Perbandingan hasil pengukuran derajat arah mata angin cukup variatif derajat, dapat disimpulkan hal tersebut disebabkan adanya pengaruh lingkungan sekitar karena adanya unsur logam atau medan magnet ataupun sudut deklinasi.
4. Sensor HMC5883L memanfaatkan cara kerja magnetometer arus yang melewati konduktor sehingga bisa didapat medan magnetik disekitarnya. Ketika arus yang melewati konduktor ditempatkan melayang mengalami efek dari medan magnetik bumi, perubahan arah elektron digunakan untuk menentukan arah dari medan magnet.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Gunadhi, R. Sitepu, Z. Bilal, P. Angka, and L. Agustine, "Perangkat Navigasi Arah Angin, Arah Kapal, Dan Kecepatan Angin Untuk Nelayan Tradisional," *J. Ampere*, vol. 4, no. 2, p. 307, 2020, doi: 10.31851/ampere.v4i2.3449.

- T. Rani, "PERANCANGAN SENSOR HMC 5883L DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO SEBAGAI PENDAMPING KOMPAS RHI PENUNJUK ARAH KIBLAT PADA OIF UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA," UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA, 2019.
- E. K. Pramartaningthias and E. Endarko, "Kajian Karakteristik Alat Ukur dan Sensor Standar pada Proses Kalibrasi Data Sensor Cahaya," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 8, no. 2, p. 120206, 2012, doi: 10.12962/j24604682.v8i2.870.
- A. Mubarak, Wahyudi, and I. Setiawan, "Pendeteksi Rotasi Menggunakan Gyroscope Berbasis Mikrokontroler ATmega8535," *Elektro.Undip.Ac.Id*, pp. 1–9, 2012.
- I. Setiawan, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Pendeteksi Sudut Menggunakan Sensor Gyroscope," pp. 1–6.
- A. Jefiza, "Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis Sensor Gyroscope Dan Sensor Accelerometer," 2017.
- Febriyansyah, "APLIKASI SENSOR KOMPAS MAGNETOMETER 3 AXIS HMC5883L PADA PROTOTYPE ROBOT BOAT PENGUMPUL SAMPAH BERBASIS MIKROKONTROLER," POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA, 2014.
- Akbar Tanjung, "APLIKASI LIQUID CRYSTAL DISPLAY (LCD) 16x2 SEBAGAI TAMPILAN PADA COCONUT MILK AUTO MACHINE," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- F. Klawonn, *Introduction to Computer Graphics Using Java 2D and 3D*, 1st ed. Springer London, 2008. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-848-7>.
- D. Hearn, M. P. Baker, P. Hall, O. Architecture, R. Board, and D. Shreiner, *CMSC 427 : Computer Graphics Reference* :, no. 301. 2004.[11] C. Reas and B. Fry, *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. The MIT Press, 2007.
- [K. Specifications and A. Ideas, "Compass Module 3-Axis HMC5883L (# 29133)," no. 29133, pp. 1–6, 2011.