

**RANCANG BANGUN KOMPAS MAGNET OTOMATIS
MENGUNAKAN SENSOR HMC5883L PADA KN (KAPAL NEGARA)
ADHARA DISTRIK NAVIGASI TANJUNGPINANG**



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana
Teknik (S.T)

Oleh:

NIDYA CIHUR R UJUNG
2101010038

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN
RANCANG BANGUN KOMPAS MAGNET OTOMATIS
MENGGUNAKAN SENSOR HMC5883L PADA KN (KAPAL NEGARA)
ADHARA DISTRIK NAVIGASI TANJUNGPINANG



Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat

Sarjana Teknik (S.T)

Oleh:

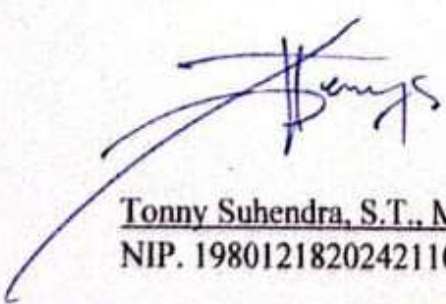
Nidya Cihur R Ujung

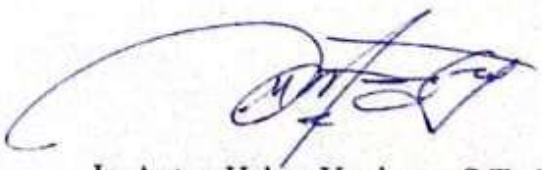
2101010038

Telah mengetahui dan disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Tonny Suhendra, S.T., M.Cs
NIP. 198012182024211005


Ir. Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si
NIP. 197906112024211001

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : RANCANG BANGUN KOMPAS MAGNET
MENGUNAKAN SENSOR HMC5883L PADA KN
(KAPAL NEGARA) ADHARA DISTRIK NAVIGASI
TANJUNG PINANG
Nama : NIDYA CIHUR R UJUNG
NIM : 2101010038
Program Studi : Teknik Elektro

Disetujui Oleh:

Susunan Tim Pembimbing

Pembimbing 1 : Tonny Suhendra, S.T., M.Cs
Pembimbing 2 : Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si

Susunan Tim Penguji

Ketua Penguji : Ahmad Syafiq, S.T., M.Si
Anggota Penguji : 1. Deny Nusyirwan, S.T., M.Sc
2. Capt. Etani Hia
3. Tonny Suhendra, S.T., M.Cs
4. Ir. Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si

Tanjungpinang, 24 Juni 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman



Martaleli Bettiza, S.Si, M.Sc
NI PPPK. 197508282021212006

SURAT PERNYATAAN ORISIONALITAS

Saya mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nidya Cihur R Ujung

NIM : 2101010038

Tempat/Tanggal Lahir : Batam / 10 Mei 2003

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Kompas Magnet Otomatis menggunakan Sensor HMC5883L pada KN (Kapal Negara) Adhara Distrik Navigasi Tanjungpinang” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi, serta tidak mengutip sebagian atau seluruhnya karya orang lain, kecuali saya nukilkan yang setiap penukilan tersebut saya sebutkan sumbernya sesuai dengan batasan dan tata cara pengutipan.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Tanjungpinang, 24 Juni 2025

Yang membuat pernyataan



NIDYA CIHUR R UJUNG

2001010013

MOTTO

“ Kebebasan adalah satu satunya tujuan yang layak dikejar dalam hidup. Ia diraih dengan melepaskan apa yang diluar kendalimu. “

– Epictetus –

“ Jika kamu tidak berani mengambil resiko dalam hidupmu, kamu tidak akan pernah menciptakan masa depan. “

– Monkey D Luffy –

Que sera, sera.

Mazmur 118 : 13 , Filipi 1 : 21 ; Amsal 1 : 7

HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Ayahanda, Ganda M Ujung

Cinta pertamaku, liasate mbue paa. Ayah yang terhebat yang diberikan Tuhan untukku. Terima kasih atas kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti mulai dari aku ada hingga sampai saat ini.

2. Ibunda, Dame Dorothea Situmorang

Pintu Surgaku, liasate mbue maa. Satu satunya perempuan yang menjadi panutan penulis. Perempuan tangguh dan pemberani yang selalu berusaha dan memiliki segudang cara untuk mendidik Putri Sulungnya. Terima kasih atas kasih sayang, doa, dan dukungan yang tak terhingga.

3. Anastasya Evelin Ujung

Lil Sister, terimakasih saudari terbaikku. terimakasih telah menjadi tempatku berbagi sedari kecil hingga sampai saat ini. Jangan pernah pesimis, Aku selalu bangga memiliki saudari perempuan sepertimu.

4. Gilbert Anju Leonardo Ujung

Bungsuu, terimakasih pudan. Jangan bosan-bosan mendengarkan celotehan dan omelan kakakmu ini, karna itulah bentuk kasih sayangku pudan.

5. Dian Novita Sinambela

Saudari dan juga teman berpetualang banyak hal selama perkuliahan ini. Banyak cerita dan banyak pembelajaran yang kita lalui, untukmu kuucapkan terimakasih (xie xie).

6. Andri Ravain Panjamotan Togatorop

Salah satu Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Riau, seseorang yang tidak kalah pentingnya, terimakasih telah mengusahakan apa yang bisa kam usahakan untukku.

7. Nidya Cihur R Ujung

Diriku Sendiri, terimakasih telah mau bangkit dari segala keterpurukan yang ada, terimakasih telah mau melewati segala rintangan yang telah terjadi dalam kehidupan ini, semoga kelak dapat lebih menghargai diri sendiri dan lebih baik lagi kedepannya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan anugerah yang tiada berkesudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Kompas Magnet Otomatis menggunakan Sensor HMC5883L pada KN (Kapal Negara) Adhara Distrik Navigasi Tanjungpinang” dengan lancar. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penulisan Skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas izin-Nya penulis dapat menulis penulisan ini dengan lancar dan penuh pertimbangan.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan menjadi motivasi dalam mengerjakan penulisan ini.
3. Bapak Ahmad Syafiq, S.T., M.Si selaku Kepala Instruktur BLKPP Kepulauan Riau dan Dosen, terimakasih banyak atas segala bantuan, ilmu, arahan, dan motivasi kepada penulis. Semoga kelak penulis dapat mengimplementasikan ilmu dan nasehat yang bapak berikan dengan baik.
4. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
5. Bapak Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Jurusan Teknik Elektro Informatika Universitas Maritim Raja Ali Haji.

6. Bapak Tonny Suhendra, S.T., M.Cs selaku Dosen Pembimbing 1 dan Koordinator Program Studi Teknik Elektro yang telah membimbing dan memberikan arahan dalam menuliskan penulisan ini.
7. Bapak Ir. Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan serta masukan dalam menuliskan penulisan ini.
8. BLKPP selaku tempat penulis untuk berproses dalam mengerjakan penulisan ini.
9. Capt. Ethani Hia dan Distrik Navigasi selaku mentor dan tempat penulis melakukan penelitian.
10. HMTE UMRAH selaku salah satu wadah untuk penulis berproses selama masa perkuliahan.
11. Terima kasih kepada teman teman Teknik Elektro Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Semoga Skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Tanjungpinang, 24 Juni 2025



Nidya Cihur R Ujung

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	2
HALAMAN PENGESAHAN	3
SURAT PERNYATAAN ORISIONALITAS.....	4
MOTTO	5
HALAMAN PERSEMBAHAN	6
KATA PENGANTAR.....	7
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR TABEL	13
A. PENDAHULUAN	16
A. Latar Belakang.....	16
B. Rumusan Masalah	17
C. Batasan Masalah	18
D. Tujuan Penelitian	18
E. Manfaat Penelitian.....	19
B. TINJAUAN PUSTAKA.....	20
A. Kajian Terdahulu.....	20
B. Landasan Teori.....	21
1. KN (Kapal Negara) ADHARA.....	21
2. Anjungan Kapal	23
3. Navigasi.....	23
4. Kompas	24
5. Magnet Elektro.....	24
6. Hukum Gauss dan Hukum Coulumb.....	25
7. <i>Gyro Kompas</i>	26
8. Kompas Magnet	27
9. Energi Baru Terbarukan (EBT)	28
10. <i>Software</i> Arduino IDE.....	30
11. ESP32	30
12. Sensor HMC5883L.....	32
13. LCD I2C (Liquid Crystal Display Inter-Intergrated Circuit) ..	33

14.	Micro SD Card	34
15.	RTC DS3231	35
C.	METODELOGI PENELITIAN	36
A.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	36
B.	Alat dan Bahan	36
C.	Prosedur Penelitian	37
D.	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A.	Uji Fungsionalitas	46
1.	Uji Fungsi Liquid Crystal Digital	46
2.	Uji Fungsi HMC5883L	47
3.	Uji Fungsi Real Time Clock	48
4.	Uji Fungsi <i>Micro SD</i>	49
B.	Perancangan Keras	50
A.	Perancangan Elektronika	50
B.	Perancangan Energi Baru Terbarukan (EBT)	51
C.	Perancangan Lunak	53
1.	Perancangan HMC5883L & Liquid Crystal Digital	53
2.	Perancangan Real Time Clock & Liquid Crystal Digital	57
3.	Perancangan <i>Micro SD</i> & Liquid Crystal Digital	61
D.	Uji Laboratorium	65
E.	Uji Lapangan	67
F.	Analisis dan Pembahasan	69
E.	PENUTUP	73
A.	Kesimpulan	73
B.	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA	75
	LAMPIRAN	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kapal Negara ADHARA	21
Gambar 2. Denah Kapal Negara ADHARA	22
Gambar 3. Anjungan KN.ADHARA	23
Gambar 4. Alat Navigasi KN.ADHARA	23
Gambar 5. Kompas.....	24
Gambar 6. Elektromagnetik	25
Gambar 7. Medan magnet.....	25
Gambar 8. Hukum Coulumb	26
Gambar 9. Gyro Kompas	27
Gambar 10. Kompas Magnet KN.ADHARA	27
Gambar 11. Kaca pembaca kompas magnet	28
Gambar 12. Energi Baru Terbarukan	29
Gambar 13. Panel Surya.....	29
Gambar 14. Software Arduino IDE.....	30
Gambar 15. ESP32	31
Gambar 16. Konfigurasi Pin ESP32.....	31
Gambar 17. HMC5883L	33
Gambar 18. LCD I2C	34
Gambar 19. Micro SD Card	34
Gambar 20. RTC DS3231	35
Gambar 21. Lokasi Penelitian	36
Gambar 22. Perancangan Hardware.....	39
Gambar 23. Diagram Alir Firmware	40
Gambar 24. Perancangan software.....	42
Gambar 25. Wiring.....	42
Gambar 26. Rangkaian EBT	43
Gambar 27. Diagram prosedur penelitian	45
Gambar 28. Uji Fungsi LCD	46
Gambar 29. Uji Fungsi Sensor dan LCD	47
Gambar 30. Uji Fungsionalitas RTC dan LCD	48
Gambar 31. Uji fungsi Micro SD	50
Gambar 32. Rangkaian Elektronika	51
Gambar 33. Rangkaian EBT	52
Gambar 34. Library sensor dan LCD	53
Gambar 35. Void setup sensor dan LCD	54
Gambar 36. Inisialisasi sensor kompas	54
Gambar 37. Serial pada sensor	55
Gambar 38. void loop sensor	55
Gambar 39. Kode hitung heading	56
Gambar 40. tampilan sensor di LCD.....	56
Gambar 41. Serial monitor sensor.....	57
Gambar 42. Library dan Inisialisasi RTC dan LCD.....	58
Gambar 43. Void Setup RTC	59
Gambar 44. Kode set waktu	59

Gambar 45. Void loop RTC	60
Gambar 46. Library Micro SD	61
Gambar 47. Inisialisasi LCD dan Pin Kartu SD	61
Gambar 48. Pengaturan fungsi Micro SD	62
Gambar 49. Inisialisasi SPI & SD Card	62
Gambar 50. Cek dan buat file	63
Gambar 51. Void loop menyimpan data	64
Gambar 52. Uji Laboratorium	65
Gambar 53. Area atas Anjungan Kapal	67
Gambar 54. Uji Lapangan	68
Gambar 55. Sebaran titik koordinat	68



DAFTAR TABEL

Tabel 1. <i>Principal Dimensions</i>	22
Tabel 2. Spesifikasi ESP32	31
Tabel 3. Spesifikasi Sensor HMC5883L	32
Tabel 4. Spesifikasi LCD I2C.....	34
Tabel 5. Spesifikasi RTC DS3231	35
Tabel 6. Alat Penelitian.....	36
Tabel 7. Bahan Penelitian	37
Tabel 8. Perhitungan Koordinat.....	66
Tabel 9. Data Uji Lapangan	69



ABSTRAK

Ujung Nidya Cihur R. 2025. Rancang Bangun Kompas Magnet Menggunakan Sensor HMC5883L Pada KN (Kapal Negara) ADHARA Distrik Navigasi Tanjungpinang. Skripsi. Tanjungpinang: Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Pembimbing I: Tonny Suhendra,S.T.,M.Cs., Pembimbing II: Ir. Anton Hekso Yunianto S.T., M.Si

Kompas Magnet merupakan sebagai salah satu alat navigasi yang memiliki kelebihan dalam ketahanan terhadap gangguan listrik, menjadikannya alternatif penting ketika sistem navigasi modern seperti Gyro Kompas tidak berfungsi. Pada KN (Kapal Negara) ADHARA yang beroperasi di wilayah Distrik Navigasi Tanjungpinang, keterbatasan ini menjadi perhatian dalam kelancaran operasi pelayaran. Penelitian ini mengembangkan sistem kompas magnet otomatis berbasis sensor HMC5883L yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap medan magnet bumi. Sistem dirancang dengan energi baru terbarukan, yaitu panel surya 15WP, untuk mendukung operasional mandiri atau tanpa bergantung pada kelistrikan kapal. Hasil pengujian menunjukkan sensor mampu mendeteksi arah dengan stabil dan responsif dalam kondisi dinamis, serta sistem menunjukkan efisiensi daya dengan konsumsi sebesar 0,4007 watt/jam. Dengan suplai dari aki 12V dan 3.5AH, sistem ini dapat beroperasi hingga 24 jam. Sehingga inovasi ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem navigasi cadangan yang andal dan hemat energi.

Kata kunci : HMC5883L, Kompas Magnet, Energi Baru Terbarukan, Navigasi.

ABSTRACT

Ujung Nidya Cihur R. 2025. *Design and Construction of Magnetic Compass Using HMC5883L Sensor on SS (State Ship) ADHARA Tanjungpinang Navigation District. Thesis. Tanjungpinang: Electrical Engineering Study Program. Faculty of Maritime Engineering and Technology. Raja Ali Haji Maritime University. Supervisor I: Tonny Suhendra, S.T., M.Cs., Supervisor II: Ir. Anton Hekso Yunianto S.T., M.Si*

Magnetic Compass is one of the navigation tools that has the advantage of being resistant to electrical interference, making it an important alternative when modern navigation systems such as Gyro Compasses do not work. On the SS (State Ship) ADHARA which operates in the Tanjungpinang Navigation District, this limitation is a concern in the smooth running of shipping operations. This study develops an automatic magnetic compass system based on the HMC5883L sensor which has high sensitivity to the earth's magnetic field. The system is designed with new renewable energy, namely a 15WP solar panel, to support independent operations or without relying on ship electricity. The test results show that the sensor is able to detect direction stably and responsively in dynamic conditions, and the system shows power efficiency with a consumption of 0.4007 watts/hour. With a supply from a 12V and 3.5AH battery, this system can operate for up to 24 hours. So this innovation can contribute to the development of a reliable and energy-efficient backup navigation system.

Keywords: *HMC5883L, Magnetic Compass, Renewable Energy, Navigation.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Navigasi laut merupakan aspek krusial dalam operasi maritim, terutama bagi kapal-kapal yang beroperasi di daerah perairan seperti Kepulauan Riau. KN (Kapal Negara) ADHARA merupakan salah satu kapal yang beroperasi di Distrik Navigasi Tanjungpinang yang mengandalkan sistem navigasi yang handal untuk memastikan keselamatan dan efektif dalam pelayaran. Dalam hal ini, penggunaan alat navigasi yang tepat menjadi sangat penting untuk mendukung kegiatan navigasi yang aman dan efektif.

Saat ini, KN (Kapal Negara) ADHARA menggunakan dua jenis alat navigasi utama, yaitu Gyro Kompas dan Kompas Magnet. Gyro Kompas merupakan alat yang sangat akurat dalam menentukan arah, namun memiliki kelemahan, salah satu kelemahan utama dari Gyro Kompas adalah ketergantungannya pada sumber listrik. Sebagaimana telah disampaikan oleh Captain Etani Hia "Gyro Kompas ini bergantung pada listrik, sehingga ketika listrik padam, kami menggunakan kompas magnet manual yang ada di atas kapal ini". Hal ini menunjukkan bahwa ketika terjadi pemadaman listrik, sehingga KN (Kapal Negara) masih bergantung pada kompas magnet dengan cara menggunakan kaca pembaca kompas magnet yang berbentuk seperti teropong yang telah dihubungkan ke dalam anjungan. Hal ini penting dikarenakan kompas Magnet merupakan satu satunya jenis kompas yang tidak menggunakan kelistrikan kapal, sehingga dapat bekerja walaupun listrik padam (Raising *et al.*, 2024). Kompas Magnet ini dapat digunakan sebagai alternatif akan tetapi memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan kemudahan

penggunaan. Penggunaan kompas manual memerlukan keterampilan dan pengalaman dari awak kapal untuk dapat menginterpretasikan arah dengan benar.

Dengan mempertimbangkan tantangan yang dihadapi oleh KN (Kapal Negara) ADHARA, penelitian ini bertujuan untuk membuat rancang bangun kompas magnet otomatis menggunakan sensor HMC5883L. Sensor ini menggunakan medan magnet sebagai acuan dari pendeteksinya sehingga sensor ini sangat sensitif terhadap rotasi dan arah hadap sensor (Diana et al., 2017). Penelitian ini juga akan mengintegrasikan sistem kompas magnet otomatis dengan Energi Baru Terbarukan (EBT). Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan. Hal ini akan memberikan point tambahan dalam hal keberlanjutan dan efektivitas energi, serta mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil.

Implementasi kompas magnet otomatis ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif bagi KN (Kapal Negara) ADHARA dalam menghadapi tantangan navigasi. Dengan sistem yang baik dan terintegrasi, awak kapal diharapkan dapat melakukan navigasi dengan baik, bahkan saat sumber listrik tidak tersedia.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, inti permasalahan dalam penelitian ini adalah ketergantungan KN (Kapal Negara) ADHARA pada sistem navigasi Gyro Kompas yang bergantung pada listrik, yang dapat menghambat kemampuan navigasi kapal saat terjadi pemadaman listrik.

C. Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah diperlukan untuk mencegah penyimpangan dan perluasan pokok masalah, sehingga penelitian dapat lebih fokus dan memudahkan dalam pembahasan. Oleh karena itu, disusunlah batasan masalah dibawah ini:

1. Penelitian ini akan fokus pada pengembangan kompas magnet otomatis menggunakan sensor HMC5883L dan tidak akan membahas sistem navigasi lainnya yang ada di KN (Kapal Negara) ADHARA.
2. Penelitian akan terfokus pada penggunaan kompas magnet di KN (Kapal Negara) ADHARA tanpa membahas jenis kompas lainnya.
3. Penelitian hanya akan menggunakan sensor HMC5883L sebagai komponen utama dalam perancangan kompas magnet otomatis dan tidak akan melibatkan sensor lain yang dapat memberikan data arah.
4. Pengujian kompas magnet otomatis akan dilakukan dalam kondisi normal dan dalam situasi darurat, khususnya saat pemadaman listrik.
5. Pengembangan akan terbatas pada desain sistem kompas otomatis yang sederhana dan tidak akan mencakup parameter tambahan seperti sistem pemantauan jarak jauh atau integrasi dengan sistem navigasi lain.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan membuat kompas magnet otomatis yang menggunakan sensor HMC5883L, sehingga dapat memberikan informasi arah tanpa tergantung pada sumber listrik. Dengan adanya sistem ini kapal KN (Kapal Negara) ADHARA akan tetap mendapatkan data navigasi bahkan dalam situasi darurat seperti pemadaman listrik.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat meningkatkan keamanan pelayaran dengan menyediakan solusi navigasi yang dapat diandalkan dalam situasi darurat, sehingga mengurangi risiko kecelakaan di perairan. Selain itu, alat yang dikembangkan tidak tergantung pada sumber listrik eksternal, memberikan ketahanan navigasi yang lebih baik saat pemadaman listrik terjadi. Hal ini juga berkontribusi pada efektif operasional kapal, dengan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk menentukan arah dan meminimalkan kesalahan navigasi. kontribusi dalam memastikan bahwasanya sistem akurasi navigasi KN (Kapal Negara) ADHARA sehingga dapat mengurangi resiko kesalahan dalam menentukan arah.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Terdahulu

Kompas magnet merupakan alat navigasi dalam operasi maritim. Kompas magnet sangat penting untuk menentukan arah terutama saat sistem lain mengalami gangguan. Kompas ini bekerja berdasarkan prinsip magnetik, di mana jarum kompas selalu mengarah ke kutub magnetik bumi. Penelitian oleh (Beno *et al.*, 2022) menegaskan bahwa meskipun kompas magnet tidak seakurat gyro kompas, keberadaannya tetap vital dalam situasi darurat.

Raising *et al.*, (2024) membandingkan kompas magnet dan gyro kompas. Gyro kompas menawarkan akurasi tinggi dalam menentukan arah, tetapi sangat bergantung pada sumber listrik. Hal ini menjadi masalah ketika terjadi pemadaman listrik. Sebaliknya, meskipun kompas magnet lebih sederhana, ia tetap dapat berfungsi tanpa listrik, menunjukkan perlunya sistem yang menggabungkan kelebihan kedua jenis kompas untuk meningkatkan efektivitas navigasi.

Penelitian oleh (Diana *et al.*, 2017) menunjukkan bahwa sensor ini mampu mendeteksi medan magnet bumi dengan akurasi yang baik. Dengan menggunakan sensor ini, sistem navigasi dapat memberikan informasi yang lebih akurat kepada pengguna. HMC5883L telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi, termasuk robotika dan navigasi kendaraan.

Penelitian oleh (Lory Marcus Parera, 2019) menunjukkan bahwa panel surya dapat digunakan untuk memberikan daya pada sistem navigasi, mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Integrasi energi terbarukan dengan sistem

kompas magnet otomatis dapat meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi energi, serta mengurangi dampak lingkungan.

Penelitian oleh (Mulyadi *et al.*, 2020.) menjelaskan bahwa mikrokontroler ini berfungsi untuk mengolah data dari berbagai sensor, termasuk sensor kompas, dan memberikan informasi yang dibutuhkan pengguna. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan perancangan yang tepat, sistem navigasi dapat beroperasi secara efektif dan efisien.

Penelitian oleh (Rachmi *et al.*, 2020) menjelaskan tentang sistem navigasi maritim juga menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam kondisi buruk. Penelitian menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti cuaca dan medan dapat mempengaruhi kinerja sistem navigasi. Oleh karena itu, penting untuk merancang sistem yang tidak hanya akurat, tetapi juga tahan banting dalam menghadapi berbagai kondisi.

B. Landasan Teori

1. KN (Kapal Negara) ADHARA



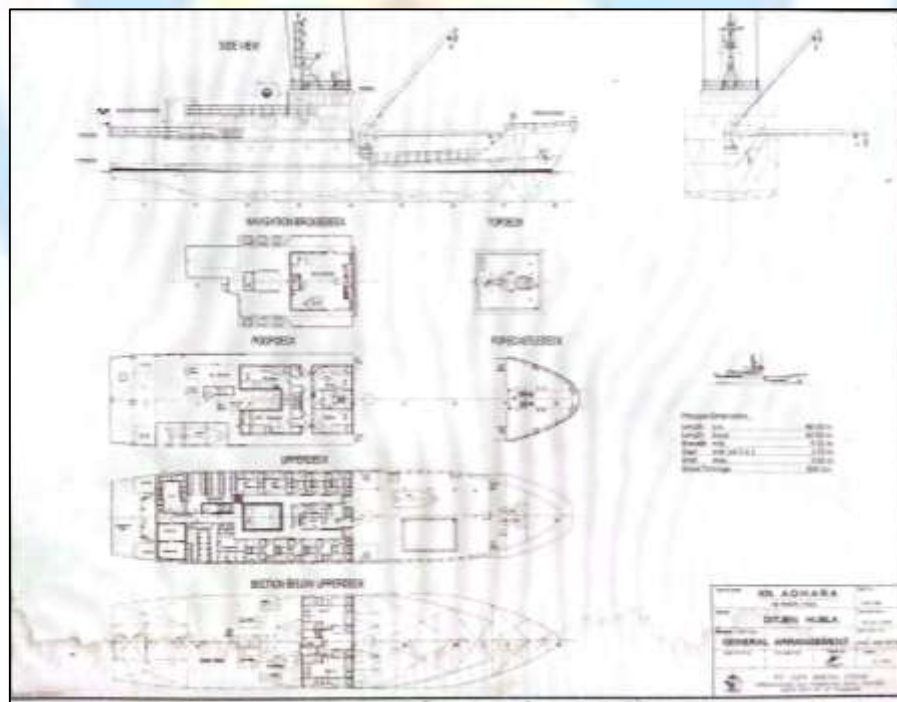
Gambar 1. Kapal Negara ADHARA

Kapal merupakan salah satu transportasi yang dirancang untuk mengapung dan bergerak di perairan. Kapal Negara ADHARA Distrik Navigasi Kelas I Tanjungpinang salah satu armada yang digunakan oleh pemerintah untuk mendukung tugas-tugas navigasi dan pengawasan maritim. Kapal ini dilengkapi dengan sistem navigasi canggih yang mencakup perangkat sistem komunikasi yang memadai.

Participal dimensions Kapal Negara ADHARA dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. *Principal Dimensions*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Length O.A	48.28 m
2	Length B.P.P	42.00 m
3	Breadth	9.50 m
4	Dept (at 1/2 L)	3.70 m
5	Draft Max	3.00 m
6	Gross Tonnage	550 ton



Gambar 2. Denah Kapal Negara ADHARA

2. Anjungan Kapal

Anjungan kapal adalah ruang kendali di kapal yang dilengkapi dengan roda kemudi dan peralatan navigasi untuk menentukan posisi kapal. Ruang ini biasanya juga mencakup kamar nakhoda dan kamar radio. Anjungan biasanya terletak pada posisi yang memberikan pandangan yang baik ke segala arah. Didalam anjungan kapal terdapat beberapa mekanisme sistem navigasi dan komunikasi kapal yang sangat vital terhadap kebutuhan operasional kapal dalam berlayar maupun di saat bersandar di pelabuhan (Athi' Mufidhah, 2023)



Gambar 3. Anjungan KN.ADHARA

3. Navigasi

Navigasi merupakan proses memantau dan mengendalikan pergerakan dari seseorang atau alat transportasi dari satu tempat ke tempat lainnya (Emmanuel et al., 2013).

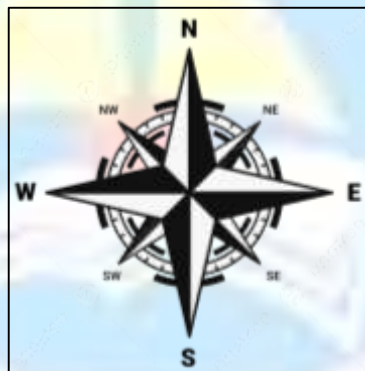


Gambar 4. Alat Navigasi KN.ADHARA

Navigasi atau pandu arah merupakan proses penentuan posisi pada arah perjalanan, baik di lapangan maupun di peta. Oleh karena itu, penting untuk memiliki dan memahami pengetahuan tentang kompas, serta mekanisme pada penggunaannya. Alat navigasi ini dapat digunakan untuk menunjukkan arah mata angin dan untuk menentukan koordinat suatu lokasi (Rachmi et al., 2020).

4. Kompas

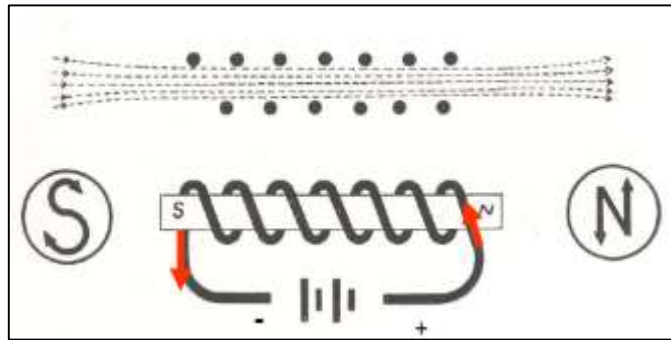
Kompas adalah alat navigasi untuk menentukan arah berupa sebuah panah penunjuk magnetis yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat. Kompas memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat bermanfaat dalam bidang navigasi. Arah mata angin yang ditunjukannya adalah utara, selatan, timur, dan barat (Rani, 2019).



Gambar 5. Kompas
(Sumber : <https://rb.gy/2icp5t>)

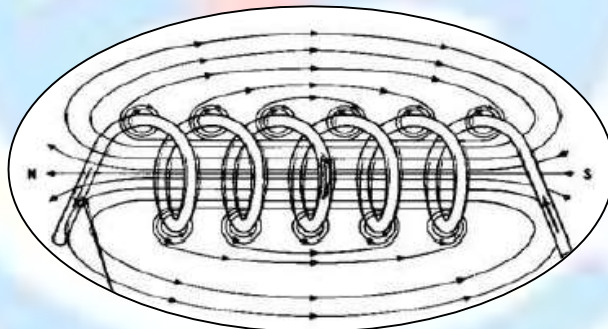
5. Magnet Elektro

Batang besi lunak yang digulung dengan kawat tembaga yang diisolasi. Jika kawat tembaga tersebut diberikan aliran listrik, maka batang besi lunak itu menjadi magnetis (Capt Dodo Rukanda, 2016). Kumparan yang berada diantara simbol S dan N merupakan kumparan kawat atau selenoid untuk menghasilkan medan magnet ketika arus listrik mengalir melalui kawat tersebut.



Gambar 6. Elektromagnetik
(Sumber : Capt Dodo Rukanda MM MMar)

Pola garis gaya *magnetic* yang terjadi pada kumparan berarus listrik (Capt Dodo Rukanda, 2016). Arah garis menunjukkan arah medan magnet, yang biasanya diwakili oleh panah. Simbol S dan N merupakan *South* dan *north*, dengan kata lain merupakan kutub selatan dan kutub utara. Pada besaran tegangan/hambatan kedua magnet tersebut tidak sama. Namun, ini sebanding dengan gaya magnet antara kutub dan sebanding dengan kekuatan 2 antara kutub, hal ini sesuai dengan hukum Colombus (Beno et al., 2022).

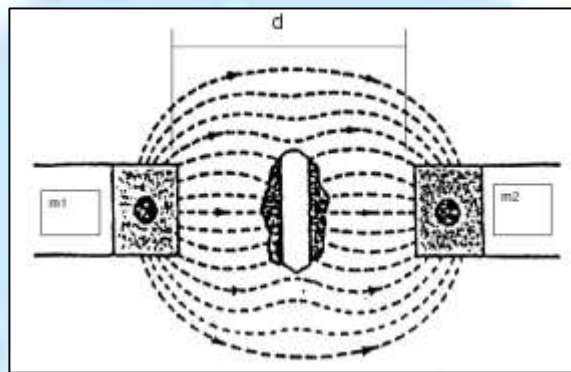


Gambar 7. Medan magnet
(Sumber : Capt Dodo Rukanda MM MMar)

6. Hukum Gauss dan Hukum Coulumb

Hukum Gauss merupakan metode sederhana yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan medan listrik pada sumber muatan yang terdistribusi (Novitasari, 2023). Hukum Gauss dalam prinsip elektromagnetisme yang

menyatakan bahwa fluks listrik melalui permukaan tertutup sebanding dengan jumlah muatan listrik yang terdapat di dalam permukaan tersebut (Hadi, 2020). Hukum Gauss dan hukum coulomb memiliki hubungan yang erat, dimana hukum gauss dapat digunakan untuk menurunkan hukum Coulomb dan sebaliknya. Terdapat dua muatan listrik yang dipisahkan oleh jarak d . Di antara kedua muatan terdapat garis-garis medan listrik yang digambarkan dengan panah. Garis-garis ini menunjukkan arah dan kekuatan medan listrik yang dihasilkan oleh muatan-muatan tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hukum Coulumb
(Sumber : Capt Dodo Rukanda MM MMar)

Medan listrik mengalir dari muatan positif menuju muatan negatif dan semakin dekat garis-garis tersebut, semakin kuat medan listrik yang ada. Hal ini membuktikan bahwa gaya listrik antara dua muatan sebanding dengan hasil kali muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut (Coulumb Law) .

7. Gyro Kompas

Gyro Compass adalah perangkat berbentuk roda yang berputar dengan kecepatan tinggi (6000 putaran per menit atau lebih) dan dapat bergerak bebas di sekitar tiga sumbu yang saling tegak lurus. Sumbu-sumbu tersebut bertemu

di titik berat benda (Anderson, 2024). Kesalahan pada kompas gyro disebabkan karena adanya kesalahan haluan dan laju, kesalahan lintang, kesalahan balistik (Luis, 2024).



Gambar 9. Gyro Kompas

8. Kompas Magnet

Kompas magnet merupakan sebuah alat penunjuk arah yang bekerja berdasarkan prinsip magnet batang. Hal ini berarti bahwa jika kompas dibiarkan bebas tanpa gangguan, jarum kompas akan selalu menunjukkan kearah kutub magnetik bumi yaitu utara dan selatan magnet bumi (Beno et al., 2022).



Gambar 10. Kompas Magnet KN.ADHARA

Menurut Resolusi *International Maritime Organization* (IMO) A.382(X) menyatakan bahwa semua kapal dilengkapi dengan kompas magnetik, dan bahwa setiap kompas magnetik harus "dikompensasikan dengan benar" dan tabel

penyimpangan residu "tersedia di atas kapal di sekitar kompas sama sekali waktu." Resolusi ini juga mengatur persyaratan pemasangan binnacles, termasuk jarak minimum antara kompas dan sumber interferensi magnetik transien, seperti peralatan elektronik. (Rafif muslim, 2022).

Selain itu kompas magnet tersebut memiliki kesalahan, seperti kesalahan yang terjadi pada kompas magnet karena deviasi yang disebabkan oleh arah haluan kapal saat berlayar, deviasi dapat berubah karena benda yang terbuat dari besi dan baja. Deviasi berubah disebabkan adanya perubahan haluan (A.T. Fahlevi et al., 2022). Pada penempatan kaca pembaca kompas juga sangat penting, karena harus berada di lokasi yang minim gangguan magnetik dan mudah diakses oleh kru kapal.



Gambar 11. Kaca pembaca kompas magnet
(Sumber : <https://11nk.dev/Hoklx>)

9. Energi Baru Terbarukan (EBT)

Energi baru terbarukan memiliki potensi besar untuk memenuhi kebutuhan penyediaan energi listrik di suatu lokasi. Energi listrik ini dapat digunakan untuk rumah-rumah, perkantoran, dan sebagai penerangan jalan. (Lory Marcus Parera, 2019). Salah satu contoh energi baru terbarukan adalah *energy* surya dengan cara menggunakan panel surya untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik. Panel

surya adalah komponen utama dalam sistem Fotovoltaik (PV) yang berfungsi mengubah energi dari sinar matahari menjadi listrik. Listrik yang dihasilkan berupa arus searah (DC). Kapasitas daya modul surya diukur dalam satuan Watt-peak (Wp), yang menunjukkan daya maksimum yang dapat dihasilkan saat kondisi radiasi sinar matahari mencapai 1000 W/m^2 dengan suhu lingkungan sekitar 25°C .



Gambar 12. Energi Baru Terbarukan
(Sumber : <https://rb.gy/dv0bhq>)

Daya dan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya dapat berfluktuasi tergantung pada intensitas radiasi sinar matahari yang diterima. Selain itu, beberapa faktor lingkungan juga memengaruhi daya keluaran modul surya, termasuk keberadaan bayangan, sudut kemiringan instalasi, dan kebersihan permukaan panel surya. Faktor-faktor ini sangat penting untuk memastikan efisiensi dan kinerja optimal dari sistem fotovoltaik (Yuwono et al., 2021).



Gambar 13. Panel Surya
(Sumber : <https://encr.pw/mfpPN>)

Solar Charge Controller (SCC) berfungsi sebagai pengatur penyimpanan dan pemakaian energi listrik ke baterai, yang bertugas menyimpan energi yang

dihasilkan dari panel surya. Baterai ini berfungsi sebagai penyimpan dan penyuplai energi listrik ke beban, memastikan bahwa energi yang tersedia digunakan secara efisien dan dapat diandalkan saat dibutuhkan (Nanlohy, 2024). Dengan sistem ini, energi terbarukan dari panel surya dapat dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan listrik.

10. Software Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram papan mikrokontroler. IDE ini dirancang untuk memudahkan pengembangan dan pengujian perangkat keras berbasis Arduino yang populer di kalangan pelajar dan profesional di bidang elektronik. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman yang berbasis C/C++. Pengguna dapat menulis kode dengan sintaks yang sederhana dan terstruktur, membuatnya mudah dipahami bahkan bagi pemula (Fauzan, 2024).



Gambar 14. Software Arduino IDE
(Sumber : <https://www.arduino.cc/en/software>)

11. ESP32

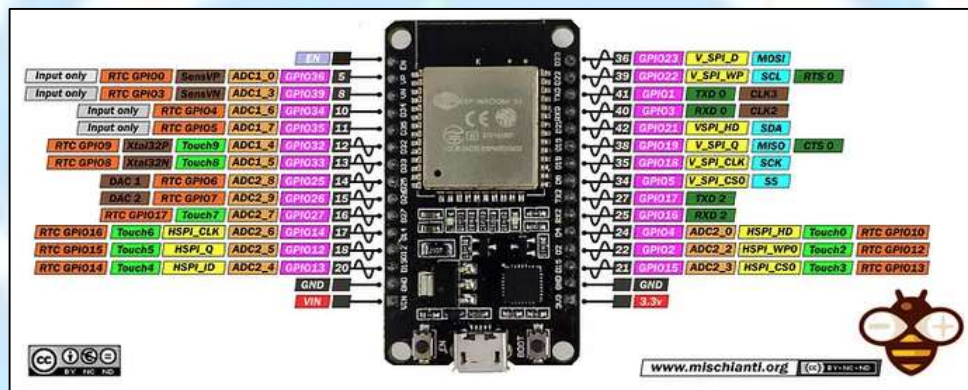
ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul WiFi terintegrasi, yang membuatnya sangat mendukung pengembangan aplikasi dalam sistem Internet of Things (IoT) (Mulyadi, 2020).



Gambar 15. ESP32

(Sumber : <https://encr.pw/yS2eo>)

Dengan fitur-fitur canggih dan kemampuan konektivitas yang baik, ESP32 memungkinkan pengembang untuk menciptakan berbagai solusi inovatif yang terhubung secara nirkabel.



Gambar 16. Konfigurasi Pin ESP32

(Sumber : <https://rb.gy/4wi83b>)

Tabel 2. Spesifikasi ESP32

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan	3.3 volt
2	Prosesor	Tensilica L108 32 bit
3	Kecepatan prosesor	Dual 160MHz
4	RAM	520K
5	GPIO	34
6	ADC	7
7	Dukungan 802.11	11b/g/n/e/i
8	Bluetooth	BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>)
9	SPI	3
10	I2C	2
11	UART	3

(Sumber : <https://11nq.com/gZRPX>)

12. Sensor HMC5883L

Sensor HMC5883L adalah kompas digital yang mampu mendeteksi arah medan magnet menggunakan teknik antarmuka digital. Dengan sensitivitas yang tinggi untuk mendeteksi medan magnet Bumi, sensor ini sangat cocok digunakan dalam aplikasi navigasi. (faisol affandi et al., 2021). Sensor HMC5883L sebuah kompas yang bekerja dengan menyelaraskan medan magnet bumi. Karena jarum kompas terbuat dari bahan besi, yang sejalan dengan ayunan pada bantalan di pusat seperti medan magnet bumi menariknya ke dalam keselarasan.

Medan magnet ini berkembang di seluruh permukaan bumi sehingga dapat digunakan untuk membantu dalam menunjuk arah mata angin. Modul ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883 yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki interface berupa 2 pin I2C. Modul ini memiliki 5 pin, diantaranya adalah VCC, Gnd, SDA, SCL, dan DRDY (Hidayattullah, 2019).

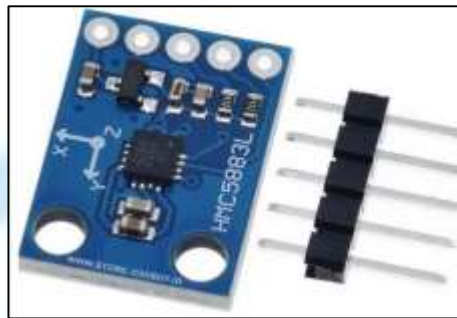
Tabel 3. Spesifikasi Sensor HMC5883L

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Model	HW-127
2	Komunikasi	Protokol komunikasi I2C
3	Rentang pengukuran	$\pm 1.3 - 8$ gauss
4	Catu daya	3 - 5 volt
5	Ukuran	1.8 x 1.3 cm

(Sumber : <https://encr.pw/4CIJA>)

Penggunaan sensor kompas (HMC5883L) sebagai alat bantu navigasi rentan terhadap gangguan dari medan magnet eksternal. Hal ini terlihat dari data output sensor selama pengujian, di mana pembacaan yang terbaca dapat berubah secara signifikan meskipun sudut yang diukur tetap sama. (Adisa Memor, Ferry A.V. Toar, 2009). Gangguan ini dapat mempengaruhi akurasi navigasi dan perlu

diperhatikan dalam aplikasi yang memerlukan ketepatan tinggi. HMC5883L memiliki *error* rata-rata sebesar 1,55% dan respons waktu 4,7 detik (Sulistyo, 2017).



Gambar 17. HMC5883L
(Sumber : <https://encr.pw/RfIR2>)

Selain menghitung jarak, dalam menentukan lokasi juga perlu dilakukan perhitungan sudut. Perangkat yang digunakan untuk menghitung sudut memiliki rata-rata kesalahan sebesar 0,99% (Putra et al., 2018). Pengujian sensor HMC5883L dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor tersebut terhadap sudut yang sebenarnya (Fikri & Rivai, 2019). Metode ini bertujuan untuk memastikan akurasi dan keandalan sensor dalam memberikan informasi.

13. LCD I2C (Liquid Crystal Display Inter-Integrated Circuit)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menampilkan karakter, baik angka, huruf, maupun simbol tertentu, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Penggunaan LCD sebagai layar tampilan sangat umum karena konsumsi daya yang relatif rendah, menjadikannya pilihan yang efisien untuk berbagai aplikasi elektronik (Rani, 2019). LCD I2C juga merupakan modul tampilan yang menggunakan antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler.



Gambar 18. LCD I2C
(Sumber : <https://shorturl.at/err0l>)

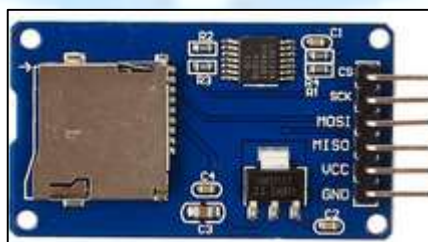
Tabel 4. Spesifikasi LCD I2C

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Koneksi ke MCU	I2C (SDA/SCL) / 0 x 27
2	I2C Address	0 x 3F / 0 x 27
3	GPIO	2 wire

(Sumber : <https://11nq.com/3Axlq>)

14. Micro SD Card

Micro SD Card adalah modul yang digunakan untuk mengakses kartu memori tipe micro SD, memungkinkan pembacaan dan penulisan data. Modul ini menggunakan sistem antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface) (Anjasmara et al., 2019). Ketika data dikirim dari mikrokontroler ke modul, data tersebut akan disimpan di kartu microSD. Pengguna dapat mengakses data ini dengan menggunakan *library* yang sesuai, seperti SD.h, untuk mempermudah pengelolaan file.



Gambar 19. Micro SD Card
(Sumber : <https://shorturl.at/O4pIx>)

15. RTC DS3231

RTC (*Real-Time Clock*) DS3231 adalah modul jam waktu nyata yang digunakan untuk menyimpan dan menjaga waktu dan tanggal dengan akurat. Karena jam tersebut bekerja realtime, maka setelah proses hitung waktu dilakukan, output datanya langsung tersimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka (Kusumawati & Wiryanto, 2018), sehingga ketika terhubung ke mikrokontroler melalui I2C, pengguna dapat membaca dan menulis data waktu serta mengatur alarm sesuai kebutuhan.



Gambar 20. RTC DS3231

(Sumber : <https://shorturl.at/cZRWi>)

Tabel 5. Spesifikasi RTC DS3231

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan	3.3 - 5.5 volt
2	Error perhitungan waktu	± 1 menit
3	Clock chip	DS3231
4	Dimensi	38 x 22 x 14 mm
5	Memory chip	AT24C32

(Sumber : <https://11nq.com/GlXSV>)

III. METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kantor Distrik Navigasi Kelas I Tanjungpinang, Kijang Kota, Kec. Bintan Tim, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau 29151. Penelitian ini dilakukan mulai tanggal 30 Januari 2025 – Agustus 2025.



Gambar 21. Lokasi Penelitian
(Sumber : googlemaps.com)

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6 dan bahan yang digunakan pada tabel 7.

Tabel 6. Alat Penelitian

No	Nama Perangkat	Jumlah	Satuan
1	Multimeter digital	1	Unit
2	Tespen	1	Unit
3	Obeng	1	Unit
4	Gunting	1	Unit
5	Solder	1	Unit
6	Tang Kombinasi	1	Unit
7	Laptop	1	Unit

Tabel 7. Bahan Penelitian

No	Nama Perangkat	Jumlah	Satuan
1	Bread Board	2	Unit
2	Kabel Jumper	100	Pcs
3	Mikrokontroller ESP32	1	Unit
4	Sensor HMC5883L	1	Unit
5	LCD (Liquid Crystal Display)	1	Unit
6	RTC (Real Time Clock)	1	Unit
7	Micro SD	1	Unit
8	Panel 15WP	1	Unit
9	Kabel	100	Meter
10	Baterai atau Aki	1	Unit
11	Solar Charger Control (SCC)	1	Unit

C. Prosedur Penelitian

Berikut merupakan keterangan alur penelitian kompas magnet otomatis menggunakan sensor HMC5883L yaitu :

1. Observasi

Peneliti melakukan pengamatan secara langsung di anjungan Kapal Negara ADHARA untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam mengenai kondisi anjungan kapal yang menjadi objek penelitian. Melalui observasi ini, peneliti dapat mencermati secara rinci berbagai aspek yang terkait dengan anjungan, sehingga informasi yang diperoleh dapat menjadi dasar yang kuat dalam analisis dan pengembangan sistem yang diusulkan.

2. Studi literature

Peneliti mempelajari berbagai metode perancangan melalui referensi dari buku, jurnal, serta situs web yang relevan, yang berkaitan dengan kompas magnet otomatis. Dalam proses ini, peneliti melakukan pendekatan yang telah diterapkan dalam pengembangan inovasi atau ide.

3. Rumusan masalah

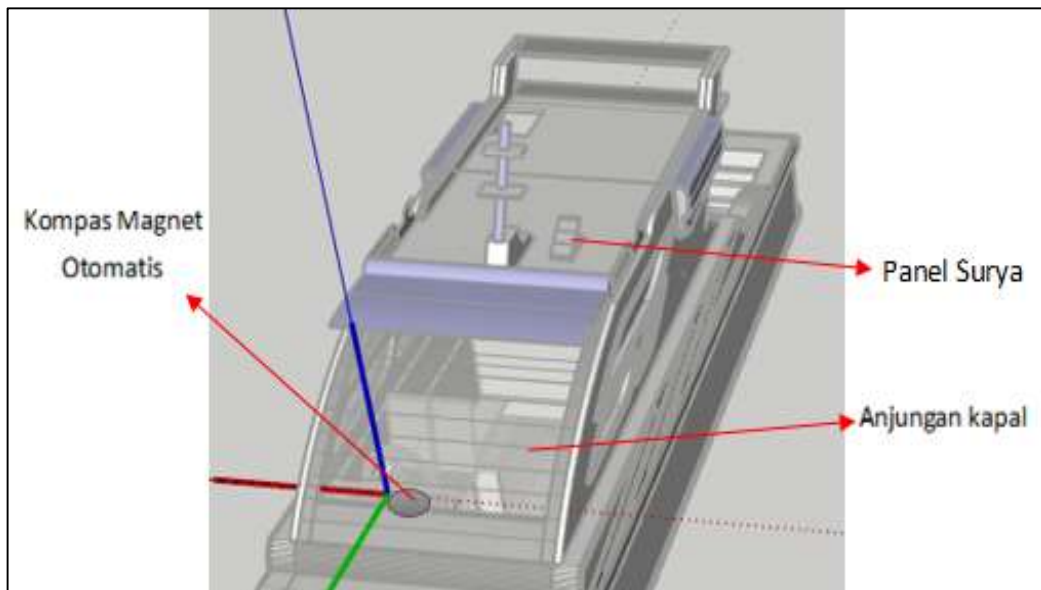
Berdasarkan observasi dan studi literature yang telah dilakukan oleh peneliti, peneliti menyusun rumusan masalah yang mencerminkan inti permasalahan yang perlu dipecahkan dalam penelitian ini. rumusan masalah ini berfungsi sebagai panduan bagi seluruh proses penelitian untuk memastikan bahwa setiap langkah yang diambil berkontribusi pada penyelesaian penelitian ini.

4. Perancangan sistem

Perancangan ini menggunakan 2 metode yaitu metode perancangan hardware dan perancangan lunak. Perancangan Hardware melibatkan proses merancang dan mengembangkan komponen fisik dari sistem komputer atau perangkat elektronik serta sensor yang digunakan. Setelah itu, pada tahap perancangan lunak mencakup pada program yang dibutuhkan untuk mencapai fungsionalitas yang diharapkan.

a) Perancangan perangkat keras (Firmware)

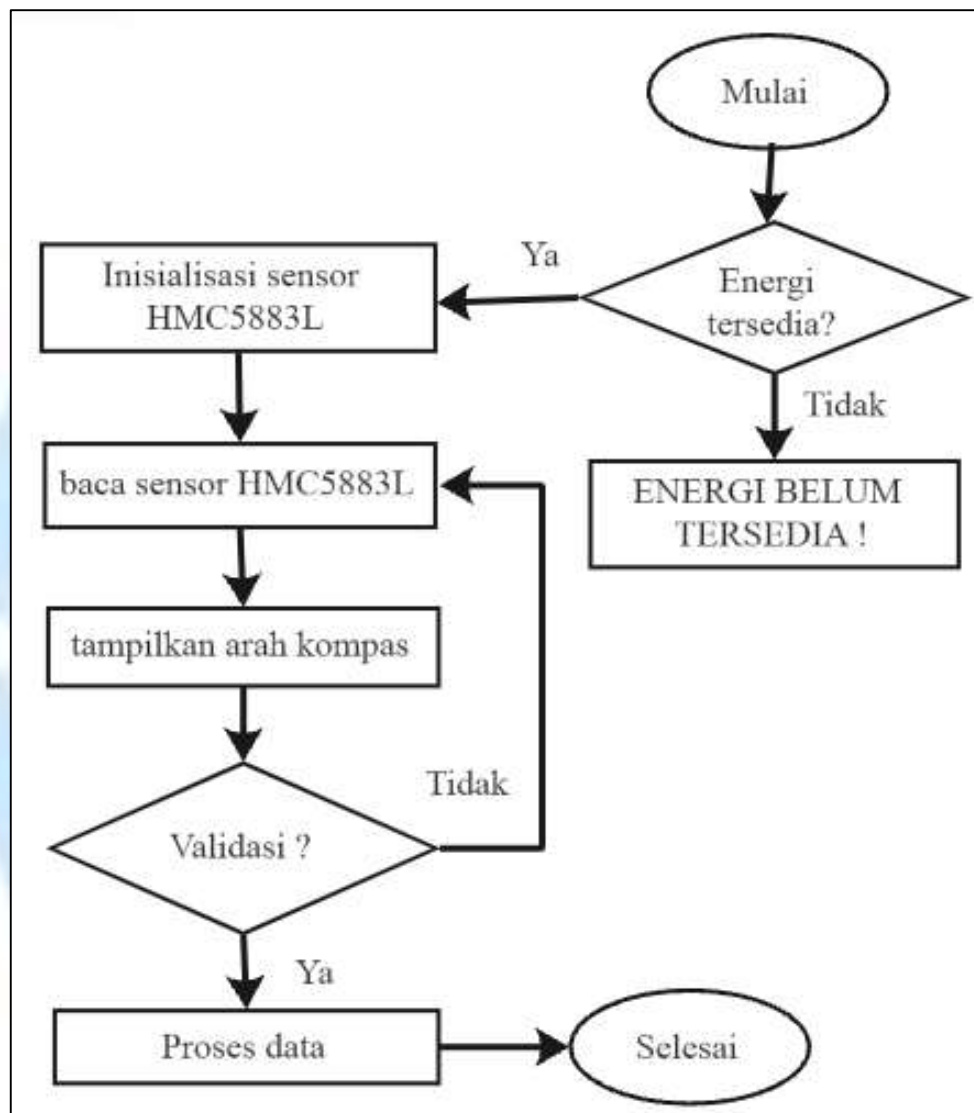
Perancangan sistem Hardware ini mencakup panel surya 15 WP yang diletakkan di atas anjungan kapal untuk menyerap energi matahari secara optimal. Hal ini mencakup perhitungan kebutuhan daya panel surya yang ideal dengan total daya yang digunakan oleh ESP32, HMC5883L, RTC DS3231 adalah sekitar 80.16 mA dan 0.4007 Watt/jam, untuk energi harian yang dibutuhkan berkisar 9.617 Watt. Rata – rata penyinaran matahari efektif berkisar 6 jam/hari. Panel surya 15 WP dapat memberikan kemampuan cadangan yang memadai dan dapat berfungsi dengan baik. Selain itu, dapat memberikan fleksibilitas untuk kemungkinan penambahan komponen di masa yang akan datang tanpa harus mengganti sistem tenaga yang ada.



Gambar 22. Perancangan Hardware
(Sumber : Sketchup.com)

Dengan demikian pemilihan panel surya berkapasitas 15 WP tidak hanya dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi sistem kompas magnet otomatis saat ini, akan tetapi juga telah mempertimbangkan kemungkinan pengembangan dan peningkatan skala sistem di masa mendatang. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan terlebih dahulu dalam baterai yang kemudian berfungsi sebagai sumber daya utama bagi rangkaian kompas magnet otomatis berbasis sensor HMC5883L yang dipasang di anjungan kapal sebagai alat bantu navigasi. Sensor HMC5883L ini berfungsi sebagai kompas digital dan dirancang untuk pengembangan kompas magnet manual dalam kondisi darurat, terutama saat suplai listrik utama kapal terganggu. Proses penggunaan sensor ini dimulai dari pemasangan sensor pada bagian kapal yang minim gangguan medan magnet, dilanjutkan dengan koneksi ke mikrokontroler melalui antarmuka komunikasi I2C. Setelah sistem diaktifkan, firmware secara otomatis menjalankan proses inisialisasi sensor HMC5883L, yang meliputi pengaturan parameter dasar agar sensor dapat

melakukan pembacaan arah dengan optimal. Untuk menggambarkan keseluruhan proses kerja sistem ini dapat dilihat secara visual pada Diagram Alir yang ditampilkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Diagram Alir Firmware

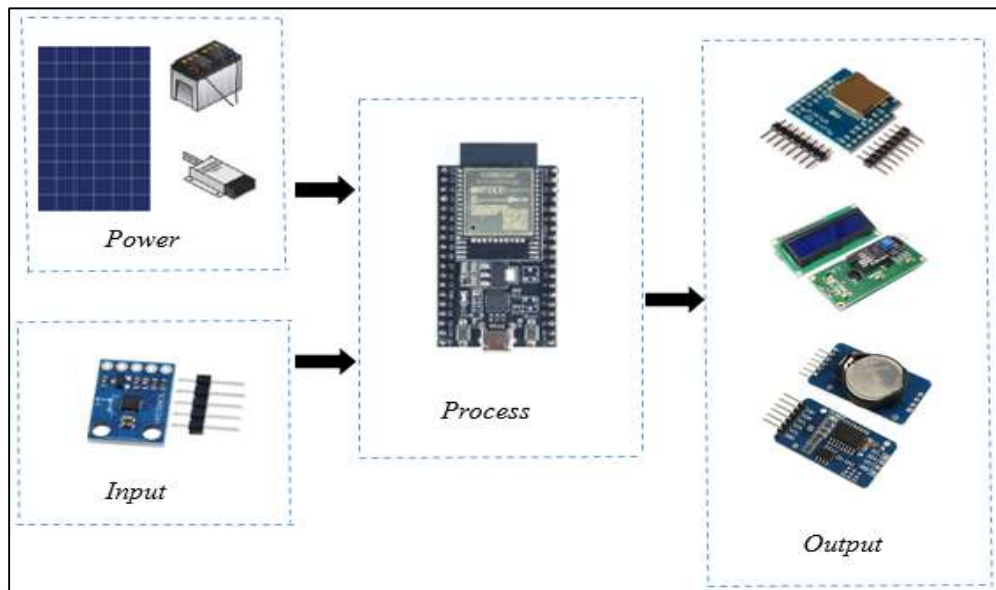
Cara kerja ini dimulai dari langkah pertama yaitu memeriksa ketersediaan energi. Jika energi tidak tersedia, maka harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu dan proses akan berhenti sementara hingga pengecekan selesai. Namun, jika energi tersedia, perangkat akan melanjutkan ke tahap inisialisasi sensor HMC5883L, di

mana perangkat melakukan pengaturan awal agar sensor siap digunakan. Setelah inisialisasi, sistem akan membaca data dari sensor HMC5883L yang berfungsi untuk mengukur arah kompas. Data yang diperoleh kemudian ditampilkan kepada pengguna, memberikan umpan balik langsung mengenai orientasi perangkat.

Selanjutnya, sistem akan memeriksa apakah kalibrasi diperlukan. Jika kalibrasi tidak diperlukan, proses dapat kembali ke langkah awal atau melanjutkan sesuai desain sistem. Namun, jika kalibrasi diperlukan maka perangkat akan melakukan kalibrasi sensor untuk memastikan akurasi pembacaan arah kompas. Setelah kalibrasi selesai, sistem akan memproses data yang diperoleh dari sensor, yang dapat melibatkan analisis lebih lanjut atau penggunaan informasi tersebut untuk aplikasi lain. Proses berakhir setelah semua langkah selesai, dengan sistem yang dapat disiapkan untuk kembali ke langkah awal atau menunggu perintah selanjutnya. Dengan alur kerja yang sistematis ini, perangkat dapat beroperasi secara efisien, memastikan bahwa data yang dihasilkan akurat dan dapat diandalkan bagi pengguna.

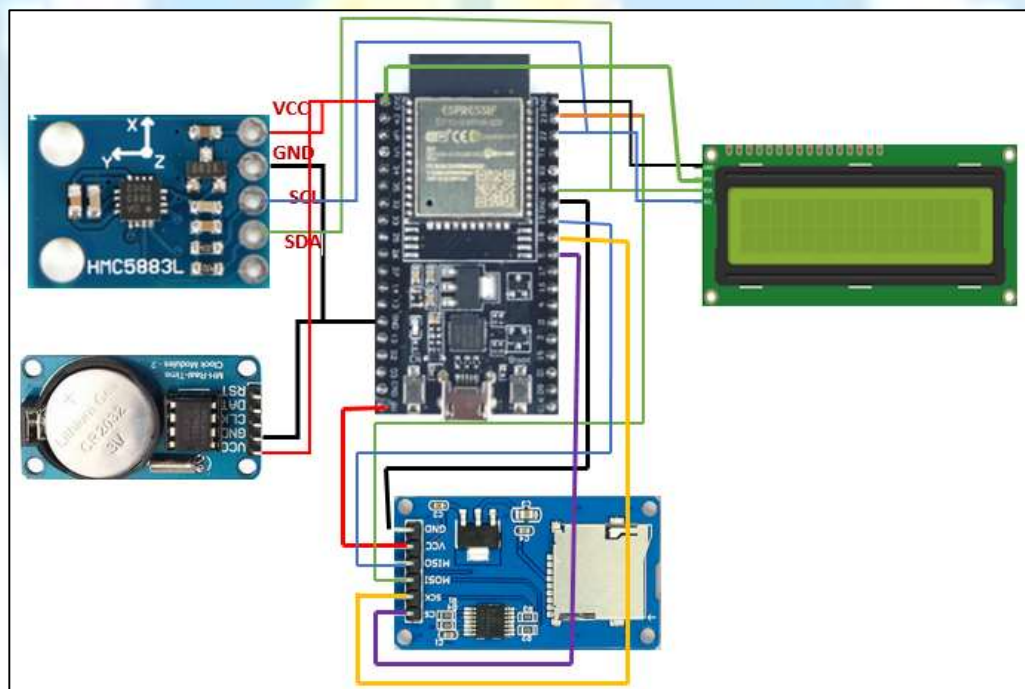
b) Perancangan perangkat lunak (Software)

Perancangan ini memiliki beberapa komponen utama, yaitu Sensor HMC5883L sebagai input dari rangkaian ini. Lalu Sensor ini akan dihubungkan ke mikrokontroler yang akan menerima data dari komponen input dan menjalankan algoritma yang telah diprogram sebelumnya untuk mengolah informasi tersebut. Proses ini tidak hanya mencakup pengambilan keputusan berdasarkan data yang diterima, tetapi juga perhitungan dan analisis yang diperlukan untuk menghasilkan output dengan baik. Perancangan perangkat software dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24. Perancangan software

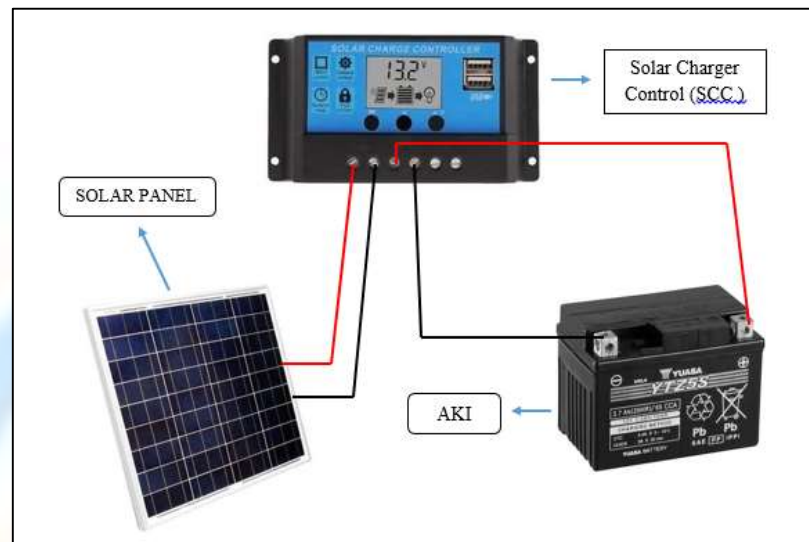
Pada perancangan ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. Setelah proses selesai, hasil pengolahan data akan diteruskan ke bagian output. Komponen output dalam sistem ini bisa berupa Micro SD Card sebagai penyimpan data yang dihasilkan dan LCD yang menampilkan informasi kepada pengguna.



Gambar 25. Wiring

Perangkat ini menggunakan panel surya sebagai sumber daya yang efisien yang dihubungkan ke baterai atau aki sebagai penyimpan energi, dan solar charger control sebagai pengontrol pengisian baterai atau aki.

Penggunaan panel surya sebagai sumber energi menunjukkan bahwa sistem ini dirancang untuk beroperasi secara mandiri, tanpa bergantung pada sumber daya listrik dari luar.terbarukan yang menyediakan daya untuk perangkat.



Gambar 26. Rangkaian EBT

5. Uji lapangan

Setelah tahap perancangan perangkat keras (Firmware) dan perancangan perangkat lunak berhasil, maka akan dilanjutkan pada tahapan pengujian di lapangan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan alat, memastikan bahwa semua komponen beroperasi secara optimal. Jika sistem tidak berfungsi dengan baik, dilakukan pengujian ulang yang meliputi perbaikan atau perancangan ulang untuk meningkatkan kinerja sistem dan jika uji lapangan berhasil, maka akan dilanjutkan pada tahapan analisis dan pembahasan.

6. Analisis dan pembahasan

Tahap ini dilakukan untuk mengolah data yang diperoleh, sehingga hasil penelitian ini dapat memahami dengan lebih baik. Analisis ini dapat dilakukan dengan membandingkan kinerja kompas otomatis menggunakan sensor HMC5883L

tersebut dengan kompas manual yang saat ini digunakan di Kapal Negara (KN) ADHARA.

Atau sensor HMC5883L dapat dilakukan analisis berdasarkan output berupa data magnetic dalam dua dimensi (X,Y), umumnya output dari sensor HMC5883L diukur menggunakan satuan medan magnet dalam bentuk satuan Gauss. Untuk mendapatkan sudut heading, dibutuhkan sudut x dan y. Dari sumbu tersebut dicari sudut yang terbentuk dari koordinat $x = 0$. Rumus untuk mendapatkan sudut heading dapat dilihat pada (1) (Fauzan, 2024).

$$\Theta = (\text{atan2} (y,x) + \text{declination}) \times (180 / \pi)$$

Θ (Theta) : Sudut yang akan dihitung dalam satuan derajat.

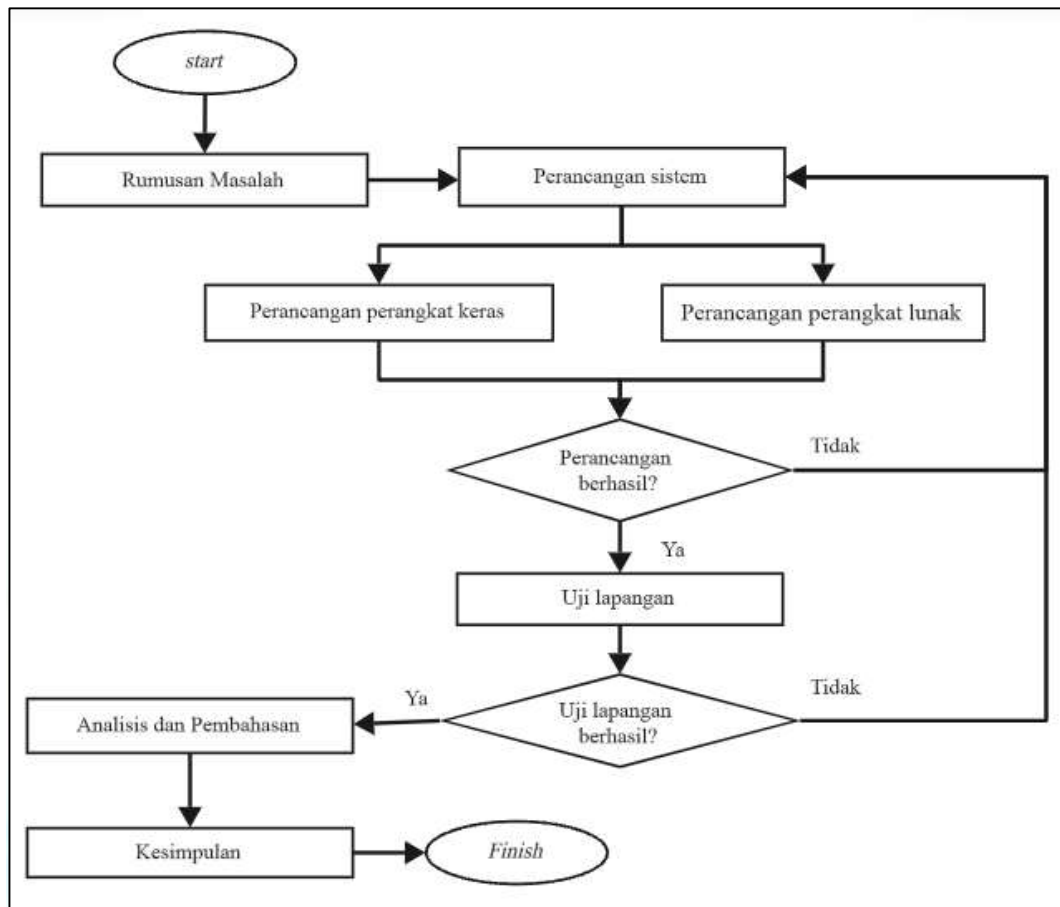
$\text{atan2} (y , x)$: Sudut (dalam radian) dari titik koordinat.

declination : Membantu menyesuaikan arah yang dihasilkan sudut (dalam radian) dari titik (x,y) untuk memperhitungkan pergeseran arah yang mungkin ada atau mengacu pada deklinasi.

$(180 / \pi)$: Konversi dalam satuan radian menjadi satuan derajat.

7. Kesimpulan

Tahap ini merupakan ringkasan singkat sekaligus tahap akhir pada metode penelitian ini, di mana peneliti menyusun dan merangkum yang telah dilakukan sepanjang proses penelitian. Dalam tahap ini, peneliti mengintegrasikan berbagai informasi yang diperoleh dari observasi, studi literatur, dan uji lapangan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai sistem kompas magnet otomatis yang telah dirancang.



Gambar 27. Diagram prosedur penelitian

Pada gambar 27 terdapat diagram alir yang merupakan urutan kegiatan atau proses yang diambil dalam setiap tahap penelitian. Berdasarkan prosedur penelitian yang telah dijelaskan di atas.

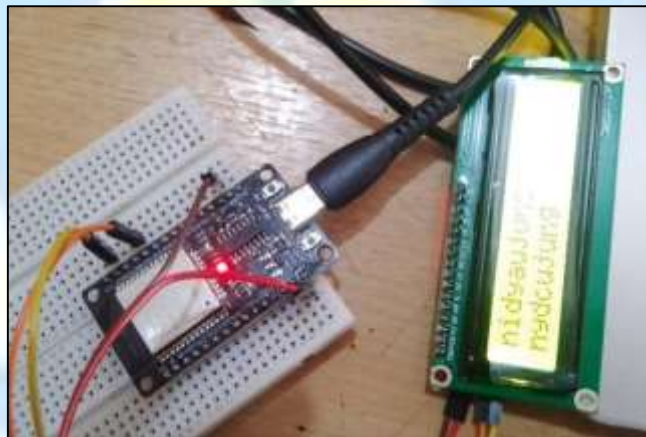
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Fungsionalitas

Uji fungsionalitas merupakan proses memastikan setiap komponen elektronik berfungsi dengan baik pada sistem yang digunakan.

1. Uji Fungsi Liquid Crystal Digital

Mikrokontroler ESP32 ini dihubungkan dengan modul LCD 16x2 I2C yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pemrosesan maupun output sistem secara visual. Konfigurasi pin ESP32 dengan modul LCD 16x2 I2C adalah sebagai berikut: pin SDA (GPIO 21) dihubungkan ke pin SDA pada LCD, pin SCL (GPIO 22) dihubungkan ke pin SCL pada LCD, pin VIN (5V) ke VCC, serta pin GND ke GND.



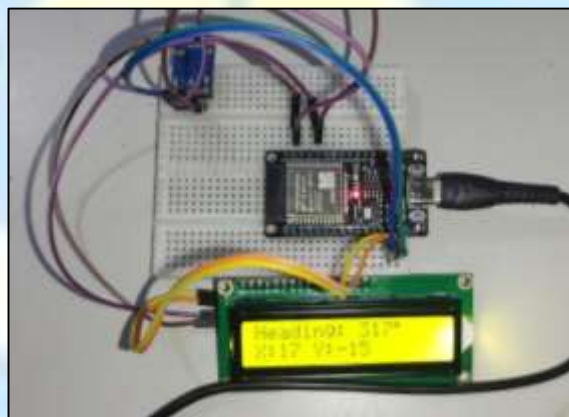
Gambar 28. Uji Fungsi LCD

Pengujian fungsional dilakukan dengan mengunggah program sederhana melalui Arduino IDE menggunakan library `LiquidCrystal_I2C`. Pada tahap awal, dilakukan inisialisasi dan pengaktifan *backlight* layar. Selanjutnya ditampilkan teks statis pada baris pertama dan kedua untuk memastikan bahwa komunikasi I2C berhasil. Proses uji fungsional ini dapat dilihat pada Gambar 28. Dari hasil

pengujian, LCD berhasil menampilkan teks sebagaimana yang dikirim oleh mikrokontroler menunjukkan bahwa koneksi, komunikasi data, dan modul LCD bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

2. Uji Fungsi HMC5883L

Rangkaian ini menggunakan sensor kompas digital HMC5883L yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi arah (*heading*) berdasarkan medan magnet bumi. Data hasil pembacaan dari sensor kemudian ditampilkan secara real-time pada modul LCD 16x2 melalui komunikasi I2C. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor dan LCD bekerja sebagaimana mestinya. Dalam pengujian ini, sistem membaca data sumbu X dan Y dari HMC5883L, menghitung *heading* dalam derajat, dan menampilkannya pada LCD. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Uji Fungsi Sensor dan LCD

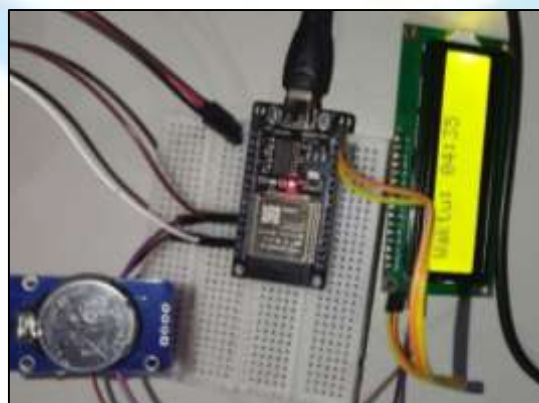
Konfigurasi pin yang digunakan antara ESP32, HMC5883L, dan LCD 16x2 yaitu dimulai dari HMC5883L, pin SDA terhubung ke GPIO 21 dan pin SCL terhubung ke GPIO 22 pada ESP32, dengan VCC dihubungkan ke 3.3V dan GND ke GND. Sedangkan untuk LCD 16x2 I2C, pin SDA juga terhubung ke GPIO 21 dan pin SCL ke GPIO 22 pada ESP32, dengan VCC dihubungkan ke 5V dan GND

ke GND. Seluruh komunikasi antara ESP32, sensor kompas, dan LCD dilakukan melalui protokol I2C, memungkinkan penggunaan dua perangkat pada jalur komunikasi yang sama. Pengujian dilakukan dengan mengunggah program ke ESP32 menggunakan Arduino IDE, dengan memanfaatkan *library* Wire, HMC5883L, dan LiquidCrystal_I2C.

LCD menampilkan informasi arah (misalnya: Heading: 317°) dan nilai sumbu magnetik X serta Y (misalnya: X: 17 Y: -15). Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik: sensor dapat membaca medan magnet dengan benar, perhitungan heading berhasil dilakukan, dan LCD dapat menampilkan informasi yang dibutuhkan secara real-time.

3. Uji Fungsi Real Time Clock

Rangkaian ini mengintegrasikan modul RTC DS3231 dengan ESP32 untuk mendapatkan informasi waktu nyata (real-time). Waktu yang diperoleh dari RTC ditampilkan pada LCD 16x2 yang dihubungkan melalui antarmuka I2C. Uji fungsionalitas dilakukan untuk memastikan bahwa RTC berfungsi dengan baik dalam memberikan waktu secara akurat dan bahwa LCD mampu menampilkannya secara real-time. Rangkaian uji fungsionalitas ini ditunjukkan pada Gambar 30.



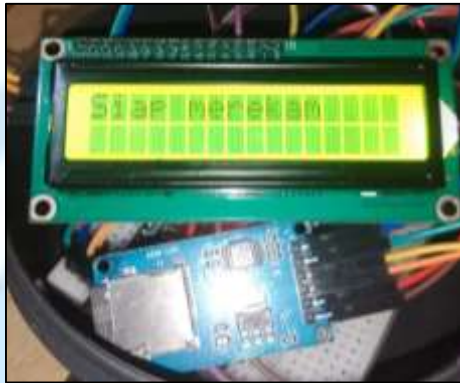
Gambar 30. Uji Fungsionalitas RTC dan LCD

Konfigurasi pin untuk komunikasi I2C antara ESP32, RTC DS3231, dan LCD 16x2 yaitu dimulai dari RTC DS3231, pin SDA terhubung ke GPIO 21 dan pin SCL terhubung ke GPIO 22 pada ESP32, dengan VCC dapat dihubungkan ke 3.3V atau 5V, dan GND ke GND. Sedangkan untuk LCD 16x2 I2C, pin SDA juga terhubung ke GPIO 21, dan pin SCL ke GPIO 22, dengan VCC dihubungkan ke 5V dan GND ke GND. Seluruh perangkat menggunakan komunikasi I2C, memungkinkan ESP32 membaca data waktu dari RTC dan mengirimkannya ke LCD untuk ditampilkan. Pengujian dilakukan dengan mengunggah program ke ESP32 melalui Arduino IDE, menggunakan library RTCLib untuk komunikasi RTC dan LiquidCrystal_I2C untuk LCD. Program membaca waktu (jam dan menit) dari DS3231 dan menampilkannya secara berkala pada LCD. LCD berhasil menampilkan waktu saat ini dalam format jam dan menit, seperti WalkUI: 04:35, menunjukkan bahwa pembacaan dari RTC berjalan dengan baik dan LCD mampu menampilkan informasi waktu secara tepat.

4. Uji Fungsi *Micro SD*

Modul *microSD* yang digunakan adalah tipe HW-127 yang terlihat jelas pada gambar dan telah terhubung dihubungkan ke ESP32 menggunakan beberapa kabel jumper. Modul ini memanfaatkan antarmuka SPI, di mana pin-pin seperti MISO, MOSI, SCK, dan CS dihubungkan ke pin GPIO pada ESP32 sesuai dengan konfigurasi SPI standar. Sebagai indikator visual yang digunakan adalah LCD 16x2 yang dihubungkan ke ESP32 melalui antarmuka I2C. LCD ini berfungsi untuk menampilkan status proses pengujian, seperti keberhasilan inisialisasi *microSD*, pembacaan file, atau penulisan data. Rangkaian ini digunakan sebagai uji fungsional untuk memastikan bahwa modul *microSD* dapat bekerja dengan baik

dalam sistem berbasis ESP32, dan bahwa data dapat ditulis serta dibaca kembali dari kartu memori dengan benar. LCD berperan sebagai media informasi visual untuk mempermudah pemantauan status pengujian secara real-time. Rangkaian fungsi *Micro SD* dapat dilihat pada gambar 31.



Gambar 31. Uji fungsi *Micro SD*

B. Perancangan Keras

Perancangan *hardware* merupakan proses merancang dan membuat bagian fisik dari sebuah sistem. Perancangan ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan elektronika dan perancangan energi baru terbarukan (EBT).

A. Perancangan Elektronika

Sistem ini merupakan perangkat elektronik yang dirancang untuk menampilkan dua jenis informasi utama, yaitu arah (*heading*) dan waktu *real-time*. Arah didapatkan dari sensor magnetometer HMC5883L, yang berfungsi membaca medan magnet bumi pada sumbu X dan Y untuk menentukan arah utara magnetik. Sementara itu, informasi waktu diperoleh dari modul RTC DS3231 yang memiliki ketelitian tinggi dan didukung dengan baterai cadangan agar tetap berfungsi meskipun perangkat dimatikan.

Kedua data tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat kendali dalam sistem. ESP32 membaca data dari kedua sensor melalui komunikasi I2C, menghitung arah *heading* berdasarkan data dari HMC5883L, serta mengambil informasi jam dan menit dari DS3231. Selanjutnya, data yang sudah diolah ditampilkan secara langsung pada LCD 16x2 berbasis I2C. Penggunaan antarmuka I2C pada seluruh komponen sangat menghemat jumlah pin yang digunakan pada ESP32, sehingga sistem menjadi lebih sederhana dan efisien.

Tujuan utama dari perancangan ini adalah untuk mengintegrasikan fungsi kompas digital dan jam *real-time* ke dalam satu perangkat yang kompak dan praktis. Perangkat ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem navigasi atau alat bantu orientasi di lapangan. Dengan tampilan visual melalui LCD, pengguna dapat dengan mudah membaca arah dan waktu secara bersamaan dalam satu layar. Rangkaian perancangan ini dapat dilihat pada gambar 32.



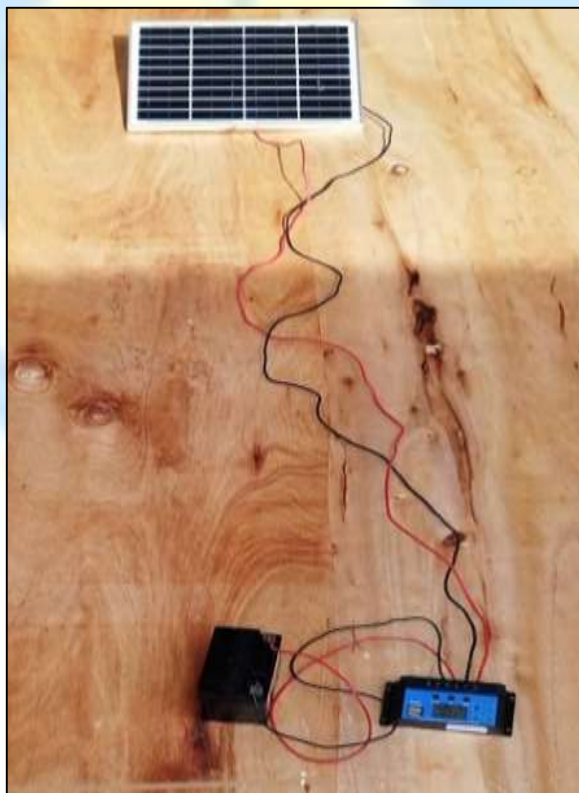
Gambar 32. Rangkaian Elektronika

B. Perancangan Energi Baru Terbarukan (EBT)

Sistem EBT berbasis tenaga surya merupakan solusi ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan listrik terutama di daerah yang belum terjangkau oleh

jaringan PLN. Pada sistem ini, panel surya berfungsi sebagai komponen utama yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (*Direct Current*). Energi listrik yang dihasilkan kemudian dialirkan ke *solar charge controller* yang mengatur aliran energi agar tidak merusak baterai akibat pengisian berlebih atau pengosongan berlebih.

Energi listrik dari panel surya disimpan dalam baterai, sehingga dapat digunakan kapan saja, termasuk saat malam hari atau cuaca mendung. *Solar charge controller* berperan penting sebagai penghubung antara panel surya, baterai, dan beban (seperti lampu atau alat elektronik lainnya). Dengan sistem ini, energi dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa membahayakan komponen-komponen elektronika yang digunakan. Rangkaian perancangan ini dapat dilihat pada gambar 33.



Gambar 33. Rangkaian EBT

C. Perancangan Lunak

Perancangan adalah proses menulis kode perangkat lunak tingkat rendah yang dijalankan oleh perangkat keras tersebut. Perancangan ini berfungsi untuk mengatur bagaimana hardware bekerja. Program ini biasanya ditulis dalam C atau C++, dan diunggah ke mikrokontroler melalui programmer..

1. Perancangan HMC5883L & Liquid Crystal Digital

Perangkat mikrokontroler yang menggunakan sensor kompas HMC5883 dan modul LCD berbasis I2C. Baris pertama hingga kelima pada gambar 34 berisi perintah `#include` yang digunakan untuk mengimpor *library* yang dibutuhkan. *Wire.h* merupakan *library* komunikasi I2C standar pada Arduino, sementara *LiquidCrystal_I2C.h* digunakan untuk mengontrol LCD dengan antarmuka I2C. Dua *library* lainnya yaitu *Adafruit_Sensor.h* dan *Adafruit_HMC5883_U.h* digunakan untuk mengakses dan memproses data dari sensor kompas HMC5883 yang dikembangkan oleh Adafruit.

1	//library yang dibutuhkan
2	#include <Wire.h>
3	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
4	#include <Adafruit_Sensor.h>
5	#include <Adafruit_HMC5883_U.h>
6	// Inisialisasi LCD dan Kompas
7	LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
8	Adafruit_HMC5883_Unified mag = Adafruit_HMC5883_Unified(12345);

Gambar 34. *Library* sensor dan LCD

Pada baris ke tujuh dan delapan pada gambar 35, *LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);*, merupakan inisialisasi objek lcd dari kelas *LiquidCrystal_I2C*. Parameter 0x27 adalah alamat I2C dari modul LCD, sedangkan angka 16 dan 2 menunjukkan bahwa LCD memiliki 16 kolom dan 2 baris. Konfigurasi ini penting untuk

memastikan data ditampilkan pada LCD secara benar. Kemudian pada baris *Adafruit_HMC5883_Unified mag = Adafruit_HMC5883_Unified(12345);* dibuat objek bernama *mag* dari kelas *Adafruit_HMC5883_Unified*. Objek *mag* nantinya akan digunakan untuk membaca data medan magnet dari sensor kompas, yang bisa dikonversi menjadi arah mata angin.

10	<code>void setup() {</code>
11	<code>Wire.begin();</code>
12	<code>lcd.init();</code>
13	<code>lcd.backlight();</code>

Gambar 35. *Void setup* sensor dan LCD

Fungsi *setup()* dijalankan sekali saat perangkat dihidupkan atau di-*reset*. Langkah pertama dalam fungsi ini adalah memulai komunikasi I2C dengan *Wire.begin()*, diikuti oleh inisialisasi modul LCD dengan *lcd.init()* dan menyalakan backlight LCD menggunakan *lcd.backlight()* untuk memastikan layar dapat menampilkan informasi.

15	<code>// Inisialisasi sensor kompas</code>
16	<code>if (!mag.begin()) {</code>
17	<code> lcd.setCursor(0, 0);</code>
18	<code> lcd.print("Kompas gagal");</code>
19	<code> while (1)</code>
20	<code> ;</code>
21	<code>}</code>

Gambar 36. Inisialisasi sensor kompas

Pada gambar 36 sensor kompas berhasil diinisialisasi dengan memanggil *mag.begin()*. Fungsi ini mengembalikan nilai false jika sensor gagal dikenali, misalnya karena koneksi I2C tidak sesuai atau sensor rusak. Jika terjadi kegagalan, maka akan ditampilkan pesan "Kompas gagal" di LCD menggunakan *lcd.setCursor()* dan *lcd.print()*. Kemudian, program masuk ke dalam loop *while (1)* yang tidak berakhir agar program berhenti dan tidak melanjutkan proses lebih

lanjut. Hal ini merupakan metode standar untuk menghentikan eksekusi dalam kasus error kritis. Setelah melewati pemeriksaan sensor, selanjutnya mengaktifkan komunikasi serial dengan *Serial.begin(9600)*. Ini berguna untuk debugging, karena memungkinkan pengembang memantau output dari mikrokontroler melalui Serial Monitor di Arduino IDE seperti pada gambar 37.

23	<code>// Serial monitor (untuk debug opsional)</code>
24	<code>Serial.begin(9600);</code>
25	
26	<code>lcd.setCursor(0, 0);</code>
27	<code>lcd.print("Kompas Aktif");</code>
28	<code>delay(1000);</code>
29	<code>lcd.clear();</code>
30	<code>}</code>

Gambar 37. Serial pada sensor

Meskipun tidak wajib, fitur ini sangat membantu dalam mendeteksi kesalahan atau memantau data sensor selama pengembangan dan pengujian sistem. Dan untuk sistem dalam menampilkan pesan "Kompas Aktif" pada LCD dapat memberi indikasi bahwa semua inisialisasi berhasil dilakukan. Pesan ini ditampilkan selama satu detik (*delay(1000)*) dan kemudian layar dikosongkan (*lcd.clear()*). Hal ini merupakan bentuk umpan balik visual kepada pengguna bahwa sistem telah siap beroperasi.

31	<code>void loop() {</code>
32	<code> sensors_event_t event;</code>
33	<code> mag.getEvent(&event);</code>
34	<code> float x = event.magnetic.x;</code>
35	<code> float y = event.magnetic.y;</code>

Gambar 38. void loop sensor

Fungsi *loop()* berjalan terus-menerus setelah *setup()* selesai, sehingga sangat cocok untuk pemantauan data sensor secara *real-time*. Baris awal fungsi *loop()*

menggunakan `mag.getEvent(&event)` untuk mengambil data sensor dari sumbu magnetik x dan y, kemudian disimpan dalam variabel x dan y yang dapat dilihat pada gambar 38. Pada gambar 39, berisi arah atau *heading* dihitung dengan menggunakan fungsi `atan2(y, x)`, yang menghasilkan sudut dalam radian. Bila hasilnya negatif, maka ditambahkan (2π) agar menjadi nilai positif dalam rentang 0 hingga 2π .

36	<code>// Hitung heading (arah)</code>
37	<code>float heading = atan2(y, x);</code>
38	<code>if (heading < 0) heading += 2 * PI;</code>
39	<code>float headingDeg = heading * 180 / PI;</code>

Gambar 39. Kode hitung *heading*

Nilai heading kemudian dikonversi ke derajat dengan mengalikan dengan ($180 / \pi$), menghasilkan arah kompas dalam satuan derajat. Perhitungan ini sangat penting karena memberikan nilai arah absolut dari utara magnetik berdasarkan komponen medan magnet x dan y. Nilai *heading* kemudian ditampilkan di LCD.

40	<code>// Tampilkan di LCD</code>
41	<code>lcd.setCursor(0, 0);</code>
42	<code>lcd.print("Heading: ");</code>
43	<code>lcd.print((int)headingDeg);</code>
44	<code>lcd.print((char)223); // Derajat</code>
45	<code>lcd.setCursor(0, 1);</code>
46	<code>lcd.print("X:");</code>
47	<code>lcd.print((int)x);</code>
48	<code>lcd.print(" Y:");</code>
49	<code>lcd.print((int)y);</code>
50	<code>lcd.print(" "); // Bersihkan sisa karakter</code>

Gambar 40. tampilan sensor di LCD

Fungsi `lcd.setCursor()` digunakan untuk menentukan posisi penulisan teks di layar LCD. Teks "*Heading:*" diikuti oleh nilai heading (dibulatkan ke integer), kemudian karakter derajat ($^{\circ}$) ditampilkan menggunakan kode ASCII 223. Setelah

itu, nilai x dan y dari medan magnet juga ditampilkan untuk memberikan tambahan kepada pengguna. Tampilan ini membantu pengguna untuk melihat nilai arah dan data sensor mentah secara langsung pada perangkat. Program ini dapat dilihat pada gambar 40.

Pada gambar 41, data yang sama juga dicetak ke Serial Monitor menggunakan *Serial.print()* dan *Serial.println()*. Ini berguna untuk debugging atau pencatatan data lebih lanjut pada komputer. Akhir dari *loop()* ditutup dengan *delay(1000)*, yang berarti pembaruan data dilakukan setiap satu detik.

```
51 // Debug ke Serial Monitor
52 Serial.print("Heading: ");
53 Serial.print(headingDeg);
54 Serial.println(" deg");
55 Serial.print("X: ");
56 Serial.print(x);
57 Serial.print(" Y: ");
58 Serial.println(y);
59 delay(1000); //jeda waktu
60 }
```

Gambar 41. Serial monitor sensor

2. Perancangan Real Time Clock & Liquid Crystal Digital

Mikrokontroler yang menggunakan modul RTC (*Real Time Clock*) DS3231 dan LCD I2C. Baris pertama hingga ketiga pada gambar 42 digunakan untuk mengimpor *library* yang dibutuhkan. *Wire.h* merupakan *library* dasar untuk komunikasi I2C, *LiquidCrystal_I2C.h* digunakan untuk mengontrol tampilan LCD, dan *RTCLib.h* adalah pustaka yang disediakan oleh Adafruit untuk mengakses fungsi-fungsi dari modul RTC seperti membaca waktu dan tanggal secara real-time.

RTC_DS3231 rtc; merupakan deklarasi instansi dari kelas *RTC_DS3231* yang digunakan untuk mengakses fitur-fitur dari modul RTC DS3231. Objek ini akan

digunakan dalam program untuk membaca waktu saat ini seperti jam, menit, detik, tanggal, dan tahun. *LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);* adalah deklarasi dan inisialisasi LCD dengan alamat I2C 0x27, 16 kolom, dan 2 baris. Komentar di akhir baris tersebut memberikan petunjuk bahwa jika LCD tidak tampil atau salah alamat, maka alamat I2C tersebut mungkin perlu diganti.

1	//library
2	#include <Wire.h>
3	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
4	#include "RTCLib.h"
5	// Inisialisasi objek
6	RTC_DS3231 rtc;
7	LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Ganti 0x27 jika alamat I2C berbeda

Gambar 42. Library dan Inisialisasi RTC dan LCD

Alamat I2C bisa berbeda tergantung dari modul LCD yang digunakan, sehingga penting bagi pengembang untuk memeriksa alamat aktual dengan I2C scanner sebelum menjalankan program. Pada gambar 43 terdapat bagian *setup()* dari program Arduino yang digunakan untuk menginisialisasi modul RTC (*Real Time Clock*) dan LCD berbasis komunikasi I2C. Fungsi *Wire.begin()* dipanggil terlebih dahulu untuk memulai komunikasi I2C, diikuti oleh *lcd.init()* dan *lcd.backlight()* untuk mengaktifkan dan menyalakan pencahayaan layar LCD. Ini adalah tahapan awal standar yang memastikan semua perangkat keras siap digunakan sebelum fungsi utama program dijalankan. Selanjutnya, sistem melakukan pemeriksaan terhadap keberadaan modul RTC dengan *rtc.begin()*. Jika modul RTC tidak terdeteksi, maka sistem menampilkan pesan “RTC tidak terdeteksi” di LCD menggunakan perintah *lcd.setCursor()* dan *lcd.print()*. Kemudian, program masuk ke dalam *while(1);* yang merupakan infinite loop untuk menghentikan proses lebih lanjut. Pendekatan ini digunakan untuk mencegah sistem berjalan tanpa informasi

waktu yang valid, yang bisa menyebabkan kesalahan pada aplikasi yang bergantung pada waktu. Setelah memastikan RTC terhubung dengan baik, program siap menampilkan pesan bahwa RTC sudah siap digunakan.

9	void setup() {
10	Wire.begin();
11	lcd.init();
12	lcd.backlight();
13	
14	if (!rtc.begin()) {
15	lcd.setCursor(0, 0);
16	lcd.print("RTC tidak terdeteksi");
17	while (1); // Berhenti
18	}

Gambar 43. *Void Setup* RTC

Komentar di atas menyarankan penggunaan *rtc.adjust()* untuk mengatur waktu awal, meskipun perintah ini belum diaktifkan dalam kode. Biasanya, *rtc.adjust()* hanya perlu digunakan satu kali saat pengaturan awal waktu, dan dikomentari setelah itu untuk menjaga agar waktu tidak terus disetel ulang setiap kali board reset. Pada tampilan di LCD menunjukkan pesan "RTC Siap" selama satu detik, memberi umpan balik visual kepada pengguna bahwa proses inisialisasi berhasil. Perintah *lcd.clear()* kemudian membersihkan layar sebelum masuk ke fungsi *loop()*. Program ini dapat dilihat pada gambar 44.

19	// Set waktu
20	// rtc.adjust untuk membuat waktu seperti YYYY,MM,DD,HH,MM,SS
21	lcd.setCursor(0, 0);
22	lcd.print("RTC Siap");
23	delay(1000);
24	lcd.clear();
25	}

Gambar 44. Kode set waktu

Pada gambar 45 terdapat fungsi `loop()` pada firmware Arduino yang bertugas menampilkan waktu secara *real-time* menggunakan modul RTC (*Real Time Clock*). Fungsi `rtc.now()` digunakan untuk mengambil data waktu saat ini dan disimpan dalam variabel `now` bertipe *DateTime*. Data ini digunakan untuk membaca jam dan menit dari RTC, yang kemudian akan ditampilkan ke layar LCD.

Tampilan LCD dikontrol dengan fungsi `lcd.setCursor(0, 0)` untuk mengatur posisi kursor di baris pertama kolom pertama, lalu menampilkan teks “Waktu: ”. Untuk menjaga format tampilan waktu tetap dua digit, terdapat pengecekan terhadap nilai jam dan menit. Jika nilai jam atau menit kurang dari 10, maka akan ditambahkan angka nol di depannya menggunakan `lcd.print("0")`. Hal ini penting agar waktu seperti “08:05” tidak ditampilkan sebagai “8:5”, yang bisa membingungkan pengguna.

```
27 void loop() {  
28   DateTime now = rtc.now();  
29   lcd.setCursor(0, 0);  
30   lcd.print("Waktu: ");  
31   if (now.hour() < 10) lcd.print("0");  
32   lcd.print(now.hour());  
33   lcd.print(":");  
34   if (now.minute() < 10) lcd.print("0");  
35   lcd.print(now.minute());  
36  
37   delay(1000);  
38 }
```

Gambar 45. Void loop RTC

Fungsi `lcd.print(now.hour())` dan `lcd.print(now.minute())` digunakan untuk mencetak nilai jam dan menit yang diperoleh dari modul RTC. Simbol titik dua (“:”) ditampilkan di antara jam dan menit sebagai pemisah. Pendekatan ini umum digunakan pada jam digital dan bertujuan untuk membuat informasi lebih mudah

dibaca. Terdapat fungsi *delay(1000)* yang menahan eksekusi program selama satu detik sebelum *loop()* diulang. Ini berarti data waktu akan diperbarui dan ditampilkan kembali setiap satu detik, menjadikan sistem ini mampu berfungsi sebagai jam digital *real-time* sederhana.

3. Perancangan *Micro SD & Liquid Crystal Digital*

Micro SD merupakan sebagai sistem menyimpan data ke dalam SD Card dan menampilkan status proses melalui LCD I2C. Pada gambar 46 program mengimpor *library* yang diperlukan yaitu *Wire.h* untuk komunikasi I2C yang menghubungkan ESP32 dengan LCD, *LiquidCrystal_I2C.h* untuk mengontrol tampilan LCD 16x2 berbasis I2C, serta *SPI.h* dan *SD.h* untuk komunikasi antara ESP32 dan modul SD Card melalui protokol SPI.

1	#include <Wire.h>
2	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
3	#include <SPI.h>
4	#include <SD.h>

Gambar 46. *Library Micro SD*

Objek lcd diinisialisasi dengan alamat I2C 0x27 dan ukuran tampilan 16 kolom dan 2 baris, sementara pin chip select (CS) untuk SD Card ditetapkan di GPIO 5 melalui *#define SD_CS 5*. Variabel counter dideklarasikan untuk mencatat jumlah data yang disimpan ke dalam file. Program ini dapat dilihat pada gambar 47.

6	LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //inisialisasi lcd
7	#define SD_CS 5//pin cs untuk kartu sd
8	int counter = 1;

Gambar 47. Inisialisasi LCD dan Pin Kartu SD

Pada fungsi *setup()* seperti yang tertera pada gambar 48, komunikasi serial dimulai menggunakan *Serial.begin(115200)* agar pengguna dapat memantau status sistem melalui Serial Monitor. Inisialisasi I2C dilakukan dengan *Wire.begin(21,*

22), yang menunjukkan penggunaan pin GPIO 21 untuk SDA dan GPIO 22 untuk SCL, sesuai dengan konfigurasi standar ESP32.

10	void setup() {
11	Serial.begin(115200);
12	delay(1000);
13	
14	// I2C untuk LCD
15	Wire.begin(21, 22); // SDA, SCL
16	lcd.init();
17	lcd.backlight();
18	lcd.setCursor(0, 0);
19	lcd.print("Cek SD Card...");

Gambar 48. Pengaturan fungsi *Micro SD*

LCD kemudian diinisialisasi dan pencahayaan latarnya dinyalakan menggunakan *lcd.backlight()*. Pesan "Cek SD Card..." ditampilkan di baris pertama LCD untuk memberi tahu pengguna bahwa sistem sedang mengecek koneksi SD Card.

21	// Inisialisasi SPI & SD Card
22	SPI.begin(18, 19, 23, SD_CS); // SCK, MISO, MOSI, CS
23	if (!SD.begin(SD_CS)) {
24	lcd.setCursor(0, 1);
25	lcd.print("SD Gagal");
26	Serial.println("Gagal inisialisasi SD Card");
27	while (1);
28	}
29	
30	// Jika berhasil
31	lcd.setCursor(0, 1);
32	lcd.print("Siap Merekam ");
33	Serial.println("SD Card berhasil!");

Gambar 49. Inisialisasi SPI & SD Card

Komunikasi SPI antara ESP32 dan SD Card seperti pada gambar 49 dapat dimulai dengan *SPI.begin(18, 19, 23, SD_CS)*, di mana pin 18, 19, dan 23 masing-masing digunakan untuk SCK, MISO, dan MOSI. Fungsi *SD.begin(SD_CS)*

digunakan untuk mendeteksi keberadaan SD Card. Jika SD Card gagal diinisialisasi, maka pesan "SD Gagal" ditampilkan di LCD dan sistem akan berhenti menggunakan *while(1)*; untuk mencegah kesalahan lebih lanjut. Namun jika berhasil, maka akan muncul pesan "Siap Merekam" di LCD dan informasi keberhasilan juga ditampilkan di Serial Monitor.

Setelah berhasil mendeteksi SD Card, Pada gambar 50 mengenai program memeriksa apakah file data.txt sudah ada. Jika belum ada, maka file tersebut akan dibuat dan diisi dengan baris pertama berisi header "No, Data" untuk memberi struktur pada data yang akan disimpan. Hal ini mencegah pengulangan penulisan header setiap kali perangkat di-reset. Setelah proses setup selesai, LCD dibersihkan menggunakan `lcd.clear()` sebelum masuk ke proses utama di dalam fungsi `loop()`.

35	// mengecek dan membuat file jika belum ada
36	if (!SD.exists("/data.txt")) {
37	File file = SD.open("/data.txt", FILE_WRITE);
38	if (file) {
39	file.println("No, Data");
40	file.close();
41	Serial.println("File data.txt dibuat");
42	}
43	else {
44	Serial.println("Gagal membuat file");
45	} }

Gambar 50. Cek dan buat file

Dalam fungsi `loop()` pada gambar 51, program menampilkan informasi "Tulis Data:" di baris pertama LCD diikuti oleh nilai counter, yang menunjukkan urutan data yang akan disimpan. File data.txt kemudian dibuka dalam mode `FILE_APPEND`, dan nilai counter beserta waktu dalam milidetik sejak ESP32 dinyalakan (`millis()`) disimpan sebagai satu baris data, misalnya "5, 4200". Jika

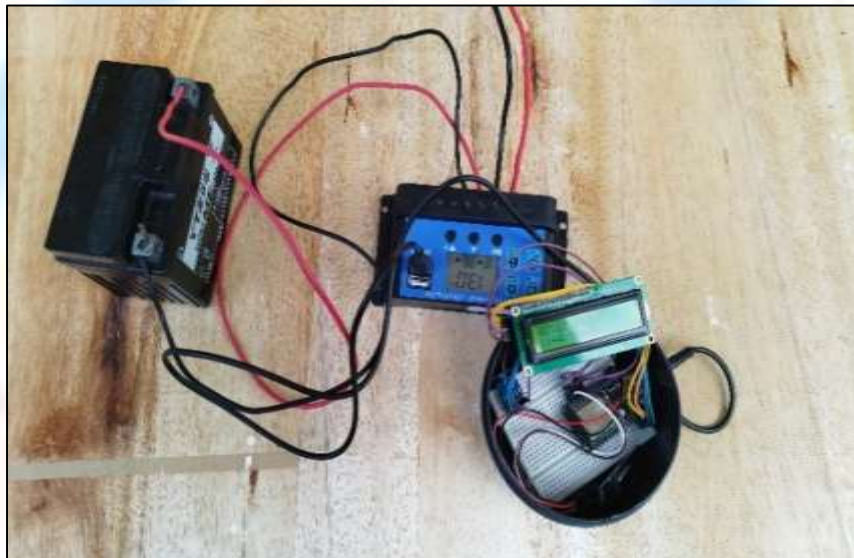
proses penulisan ke file berhasil, maka pesan "Status: OK" akan ditampilkan di baris kedua LCD, dan informasi serupa juga dikirim ke Serial Monitor. Namun jika terjadi kegagalan saat membuka file, maka LCD akan menampilkan pesan "SD Error". Nilai counter akan terus bertambah setiap siklus, dan sistem akan menunggu selama satu detik menggunakan `delay(1000)` sebelum melakukan pencatatan berikutnya.

```
51 void loop() {
52   // Menampilkan ke LCD
53   lcd.setCursor(0, 0);
54   lcd.print("Tulis Data:");
55   lcd.print(counter);
56
57   // Menyimpan data dummy ke file
58   File file = SD.open("/data.txt", FILE_APPEND);
59   if (file) {
60     file.print(counter);
61     file.print(", ");
62     file.println(millis());
63     file.close();
64     Serial.print("Tulis data ke-");
65     Serial.println(counter);
66
67     lcd.setCursor(0, 1);
68     lcd.print("Status: OK   ");
69   } else {
70     lcd.setCursor(0, 1);
71     lcd.print("SD Error   ");
72     Serial.println("Gagal tulis ke file");
73   }
74   counter++;
75   delay(1000);
76 }
```

Gambar 51. *Void loop* menyimpan data

D. Uji Laboratorium

Uji laboratorium merupakan proses pengujian dan evaluasi suatu alat atau sistem untuk memastikan bahwa objek yang diuji memenuhi standar kinerja, keamanan, dan kualitas yang ditentukan. Dalam Uji Laboratorium ini dilakukan dengan menggunakan metode Validasi pada titik koordinat. Hasil rangkaian pengujian dapat dilihat pada gambar 52.



Gambar 52. Uji Laboratorium.

Uji dilakukan dengan memutar sensor secara bertahap mulai dari posisi 0° hingga 360° dengan interval rotasi sebesar 20° . Nilai *heading* dari sensor dibaca melalui antarmuka mikrokontroler menggunakan komunikasi I2C dan ditampilkan pada layar LCD. Validasi ini dilakukan untuk membandingkan *heading* dari sensor HMC5883L dengan *heading* manual yang dihitung menggunakan koordinat (x,y) untuk menilai akurasi sensor. *Heading* manual dilakukan menggunakan perhitungan rumus $\Theta = (\text{atan2} (y,x) + \text{declination}) \times (180 / \pi)$ dengan nilai pemisalan pada deklinasi nya adalah 0. Contoh perhitungan manual :

Diketahui nilai $x = 15$ dan $y = 13$ dengan nilai deklinasi = 0.

$$\Theta = (\text{atan2} (y,x) + \text{declination}) \times (180 / \pi)$$

$$\Theta = (\text{atan2} (13,15) + 0) \times (180 / \pi)$$

$$\Theta = 0.708 \times (180 / \pi) = 40.60 \text{ derajat}$$

Untuk perhitungan secara keseluruhan pada heading manual yang ada di tabel 10 akan dilampirkan pada **Lampiran 1**.

Tabel 8. Perhitungan Koordinat

No	X	Y	Heading Sensor (°)	Heading Manual (°)	Error
1	29	0	0	0	0
2	22	8	20	20.02	0.02
3	15	13	40	40.6	0.6
4	8	15	60	61.93	1.93
5	2	16	80	82.87	2.87
6	-3	16	100	101.19	1.19
7	-9	15	120	120.26	0.26
8	-16	13	140	140.19	0.19
9	-23	8	160	160.3	0.3
10	-32	0	180	180	0
11	-39	-15	200	201.03	1.03
12	-40	-34	220	220.26	0.26
13	-30	-54	240	241.93	1.93
14	-11	-63	260	260.11	0.11
15	10	-59	280	279.65	0.35
16	27	-45	300	300.26	0.26
17	34	-28	320	320.49	0.49
18	34	-12	340	340.4	0.4

Error sensor adalah selisih antara nilai yang diukur oleh sensor dan nilai sebenarnya . Error menunjukkan seberapa akurat sensor dalam mendeteksi atau mengukur suatu besaran fisik, salah satu contohnya adalah *heading*.

$$\text{Error Absolut} = | \theta_{\text{Heading HMC5883L}} - \theta_{\text{Heading Manual}} |$$

Contoh perhitungan manual Error Absolut :

$$\text{Error Absolut} = 20.02 - 20 = 0.02 \text{ (2)}$$

Untuk perhitungan secara keseluruhan pada Error Absolut yang ada di tabel 10 akan dilampirkan pada **Lampiran 2**.

E. Uji Lapangan

Uji lapangan dilaksanakan pada tanggal 02 Juni 2024 di Kapal Negara (KN) ADHARA yang beroperasi di bawah naungan Distrik Navigasi Tanjungpinang.



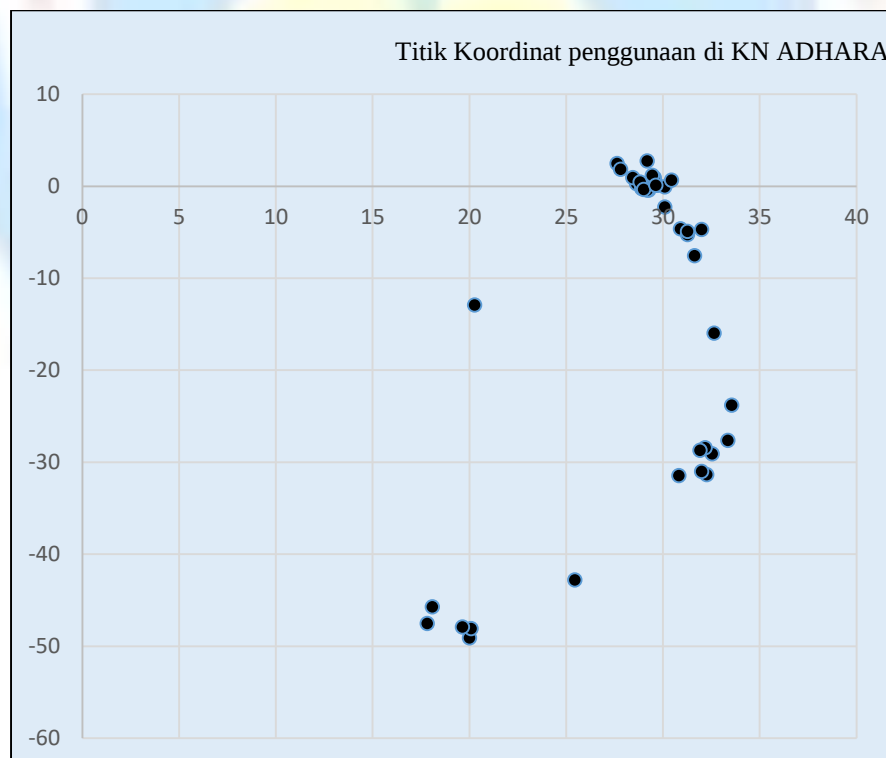
Gambar 53. Area atas Anjungan Kapal

Kegiatan ini bertujuan untuk membuktikan efektivitas sistem penggunaan kompas magnet otomatis yang diterapkan di anjungan kapal. Dalam proses pengujian, sensor HMC5883L digunakan untuk mendeteksi arah dalam bentuk koordinat atau heading, sehingga memungkinkan pengukuran yang akurat.



Gambar 54. Uji Lapangan

Selama pelaksanaan uji lapangan, penelitian berlangsung selama dua jam, dengan kapal beroperasi hampir satu jam, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 11. Hasil keseluruhan pengujian dapat dilihat secara rinci pada Lampiran 3. Untuk mengenai gambar proses selama pengujian akan dilampirkan pada Lampiran 4.



Gambar 55. Sebaran titik koordinat

Tabel 9. Data Uji Lapangan

Waktu	Heading (°)	X	Y
7:58:41	0.55	28.64	0.27
7:58:42	359.11	29.27	-0.45
7:58:43	359.11	29.18	-0.45
7:58:44	1.83	28.45	0.91
7:58:45	359.46	28.91	-0.27
7:58:46	0.9	28.82	0.45
7:58:47	359.28	29	-0.36
7:58:53	5.08	27.64	2.45
7:58:54	3.74	27.82	1.82
7:58:55	351.47	30.91	-4.64
7:58:56	350.43	31.27	-5.27
7:58:57	351.08	31.27	-4.91
7:58:58	355.68	30.09	-2.27
7:58:59	0.18	29.73	0.09
7:59:00	346.59	31.64	-7.55

F. Analisis dan Pembahasan

Data uji lapangan yang diambil pada 7:58 hingga 7:59 menunjukkan pembacaan heading (arah) dari sensor HMC5883L beserta posisi X dan Y yang mengindikasikan pergerakan relatif sensor terhadap waktu. Heading berkisar dari 0° hingga 360°, menunjukkan perubahan arah yang dinamis selama uji coba. Data ini penting untuk melihat kestabilan dan konsistensi pembacaan arah oleh sensor dalam kondisi nyata di atas kapal.

Pada awal pengujian (waktu 07:58:41 hingga 07:58:46), heading berada di kisaran 0° hingga 359°, menunjukkan pembacaan relatif stabil saat kapal atau sensor tidak mengalami perubahan orientasi yang signifikan. Posisi X dan Y juga

menunjukkan pergerakan kecil, yang menunjukkan kondisi sensor saat berada di atas permukaan yang tidak terguncang hebat. Namun, pada pukul 07:58:55 hingga 07:59:01, terdapat fluktuasi signifikan dalam heading dari 351° hingga 327° , bahkan turun ke 315° . Dalam rentang ini, posisi Y juga mengalami perubahan drastis dari -4.64 menjadi -12.91. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan orientasi kapal dengan cepat dan mencatat perubahan posisi yang konsisten dengan arah pergerakan.

Pada pukul 07:59:02 hingga 07:59:09, terdapat perubahan heading dari 315° hingga 314° , yang disertai penurunan nilai Y secara tajam hingga -31.45. Ini menunjukkan kapal mengalami perubahan arah yang signifikan. Sensor HMC5883L tetap mampu mengikuti perubahan arah tersebut secara responsif, membuktikan efektivitasnya dalam pelacakan arah dinamis. Pembacaan pada 07:59:10 menunjukkan heading kembali ke 5.34° , disertai dengan kenaikan nilai Y ke 2.73. Ini mengindikasikan kapal (atau sensor) mengalami rotasi balik mendekati arah utara magnetik. Transisi ini penting sebagai indikator bahwa sensor mampu memberikan pembacaan balik (return to heading) setelah perubahan orientasi yang ekstrem.

Pada 07:59:18 hingga 07:59:26, heading turun secara signifikan hingga 290° , dengan Y mencapai -47.55. Ini merupakan bukti bahwa kapal (atau sensor) sedang berlayar atau bergerak ke arah barat daya. Sensor tetap memberikan pembacaan stabil, tanpa lonjakan yang tidak logis. Perubahan nilai Y yang konsisten juga mencerminkan kemampuan sistem dalam mendeteksi pergerakan dan arah yang akurat.

Data tersebut mendukung hipotesis bahwa sistem HMC5883L dapat dijadikan solusi navigasi alternatif ketika sistem Gyro Kompas tidak tersedia. Heading yang tercatat cenderung konsisten terhadap arah pergerakan dan tidak menunjukkan penyimpangan besar meskipun berada di atas kapal logam yang secara teori dapat mengganggu medan magnet lokal. Namun, tetap terdapat tantangan yang harus diperhatikan, seperti kemungkinan adanya interferensi dari perangkat elektronik lain di kapal. Oleh karena itu, penempatan sensor harus mempertimbangkan lokasi bebas dari gangguan magnetik. Validasi perhitungan data secara manual dan *shielding* (pelindung gangguan magnetik) menjadi langkah penting untuk menjaga akurasi pembacaan.

Selain itu, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor HMC5883L mampu membaca arah dengan responsif meskipun dalam kondisi kapal yang terus bergerak. Data yang terekam di peta koordinat mengilustrasikan dinamika pergerakan kapal dan respon sensor terhadap arah kompas. Meskipun bukan pengganti penuh Gyro Kompas, sensor ini mampu memberikan data arah yang cukup sebagai navigasi *alternative*. Sistem ini bekerja dengan pendekatan mandiri yang tidak hanya mengandalkan jaringan listrik kapal, tetapi juga bersifat portabel. Ini sangat berguna saat kapal dalam kondisi siaga darurat atau saat peralatan utama sedang dalam perawatan.

Sistem perancangan ini menggunakan aki 12V 3,5AH menjadi semakin jelas ketika sistem diuji di lapangan. Dalam pengujian ini, tidak ada gangguan operasional selama pengambilan data, yang artinya suplai daya cukup stabil. Dengan konsumsi energi komponen elektronika yang hanya sekitar 0.4007

watt/jam dan untuk arusnya berkisar 80.16 mA, sehingga sistem dapat berjalan seharian atau 24 jam dengan satu kali pengisian penuh, sangat cocok untuk operasi lapangan atau sebagai *backup*.

Panel surya 15WP berperan penting dalam memperpanjang waktu operasi sistem. Dengan asumsi kondisi cerah dan penyinaran rata-rata 5-6 jam per hari, panel mampu menghasilkan energi hingga 75-90 Wh, cukup untuk mengisi ulang aki sepenuhnya. Titik-titik koordinat hasil pembacaan dari sistem ini saat diuji di atas kapal.



V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Sistem perancangan ini mampu membaca arah kapal dengan stabil meskipun terjadi perubahan heading secara drastis. Hal ini menunjukkan keandalan sistem dalam kondisi navigasi dinamis. Penggunaan aki 12V 3,5AH terbukti mencukupi kebutuhan daya perangkat selama sehari atau dalam waktu 24 jam. Pemilihan aki ini dinilai tepat karena ringan, ekonomis, dan cocok untuk sistem berdaya rendah seperti HMC5883L. Panel surya 15WP mampu menghasilkan energi 75 - 90 Wh per hari, sesuai perhitungan dengan asumsi penyinaran efektif 5 - 6 jam per hari di wilayah Tanjungpinang. Energi ini cukup untuk menjaga aki tetap terisi penuh setiap harinya. Sistem ini bersifat mandiri dan berkelanjutan, tidak tergantung pada suplai listrik utama kapal, sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu lama di kondisi lapangan.

Adanya perubahan nilai heading dan koordinat X-Y selama uji lapangan menunjukkan sistem responsif terhadap manuver kapal, baik dalam perubahan arah kecil maupun besar. Potensi gangguan elektromagnetik di kapal logam tetap menjadi tantangan, namun dapat diminimalkan dengan penempatan sensor yang tepat. Secara keseluruhan, sistem kompas magnet otomatis ini layak diimplementasikan sebagai sistem navigasi cadangan untuk KN ADHARA maupun kapal-kapal operasional lainnya yang membutuhkan alternatif navigasi berbasis medan magnet bumi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, adapun saran melanjutkan

penelitian ini ialah diharapkan kedepannya agar dapat menambahkan sistem monitoring pada bagian energi baru terbarukan (EBT). Selain itu, agar dapat membuat *shielding* pelindung gangguan magnetik dan juga perlu dilakukan uji coba yang lebih lanjut dalam memastikan bahwa sistem ini dapat beroperasi secara efisien dan aman dalam kondisi operasional sehari-hari di kapal.



DAFTAR PUSTAKA

- A. T. Fahlevi, Masrupah, and H. Asri, "Pengaruh Kesalahan Pedoman Magnet Terhadap Gerakan Kapal di MV. INTANDAYA 88," in PROSIDING SEMINAR NASIONAL "SIPMA 2022," 2022, pp. 66 – 75. [Online]. Available: jurnal.poltekpelsulut.ac.id
- Anderson Mayrcellino, "Identifikasi Akibat dari Kesalahan Penunjukkan Pedoman Magnet di MT. SG Bahari," <http://eprints.pipmakassar.ac.id/661> 2024.
- Anjasmara, R., Suhendra, T., & Yunianto, A. H. (2019). Implementasi Sistem Monitoring Kecepatan Angin, Suhu, dan Kelembaban Berbasis Web di Daerah Kepulauan. In *Journal of Applied Electrical Engineering* (Vol. 3, Issue 2, pp. 29–35). <https://doi.org/10.30871/jaee.v3i2.1485>
- ATHI' MUFIDHAH. (2023). Rancang Bangun Prototype Sistem Smart Parking. In *Jurnal Ecotipe* (Vol. 4, Issue 2).
- Beno, J., Silen, A. ., & Yanti, M. (2022). ANALISIS KESALAHAN PEDOMAN MAGNET DI ATAS KAPAL SPOB OCEANBAY 23313. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.
- Diana, D., & Al-Rasyid, J. (2017). Implementasi Sensor Kompas HMC5883L Terhadap Gerak Robot Micromouse dengan Menggunakan Algoritma PID. In *Jurnal Teknik Elektro ITP* (Vol. 6, Issue 2, pp. 120–124). <https://doi.org/10.21063/jte.2017.3133616>
- Emmanuel, D., Ichwan, M., & Noviyantoro s. (2013). Perancangan dan Implementasi Alat Bantu Sistem Navigasi Menggunakan Modul Navigasi Berbasiskan Sistem Operasi Android. *Jurnal Reka Elkomika*, 1(1), 22–30.
- faisol affandi, ahmad izzuddin, ira aprilia. (2021). *Implementasi sensor kompas sebagai sistem navigasi pada robot vacuum cleaner.pdf*.
- Fauzan, Z. (2024). *Sistem Navigasi Autonomous Pada Prototipe Kapal dengan Sensor GPS dan Kompas.pdf*.
- Fikri, M., & Rivai, M. (2019). Sistem penghindar halangan dengan metode LIDAR pada unmanned surface vehicle. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 1-6. <https://doi.org/10.1234/jti.v8i2.5678>

- HIDAYATTULLAH, M. R. (2019). RANCANG BANGUN PENUNJUK ARAH ANGIN DENGAN SENSOR KOMPAS HMC5883L. *Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya, Lcc*, 1–23.
- Kusumawati, D., & Wiryanto, B. A. (2018). Perancangan Bel Sekolah Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Avr Atmega 328 Dan Real Time Clock Ds3231. *Jurnal Elektronik Sistem Informasi Dan Komputer*, 4(1), 13–22.
- Lory Marcus Parera, C. E. P. (2019). POTENSI ENERGI BARU TERBARUKAN UNTUK PENGEMBANGAN PARIWISATA DI PULAU AMBON. *Jurnal Simetrik*, 9(1), 1–7.
- Luis Panipiran V, “Analisis Perbandingan Navigasi Kompas Magnet Dengan Radar Dalam Menentukan Posisi Kapal MV. Cemtrans,” <http://eprints.pipmakassar.ac.id/663/>, 2024.
- Mulyadi. (2020). *Pengembangan tempat sampah pintar.pdf*.
- Putra, T. A., Arfianto, A. Z., Basuki Rahmat, M., Hasin, M. K., Utari, D. A., Nasir, M., & Hidayat, D. (2018). Komunikasi Data Bluetooth Untuk Perangkat Informasi Persebaran Ikan (Portable Virtual Assistant) Pada Kapal Nelayan Tradisional. *Jurnal Teknologi Maritim*, 1(2), 45–52. <https://doi.org/10.35991/jtm.v1i2.828>
- Rachmi, N., Teknik, D., & Universitas, K. (2020). ADA DI MAKASSAR BAGI ALUR PELAYARANNYA. 3(1), 113–118.
- RAFIF MUSLIM. (2022). ANALISIS PENERAPAN PEDOMAN MAGNET DI ATAS KM SALVIA. *RAFIF MUSLIM*, 9, 356–363.
- Rahman raising, rahmat hidayat, J. (2024). *Gyro Kompas & Kompas Magnet Raising Et Al.pdf*.
- RANI, T. (2019). PERANCANGAN SENSOR HMC 5883L DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO SEBAGAI PENDAMPING KOMPAS RHI PENUNJUK ARAH KIBLAT PADA OIF UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciu>

rbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484

_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Sulistyo, E. (2017). Mobile robot dengan pengontrolan perintah suara berbasis arduino. *Manutech*, 9(2), 10–88. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>

Yuwono, T., Darwanto, A., & Rahayu, R. D. (2021). Desain dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Penerangan dan Fotosintesis. *JES (Jurnal Elektro Smart)*, 1(1), 26–33. <https://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/jes/article/view/171>



LAMPIRAN

1. Perhitungan Manual

a. $x = 29, y = 0$

$$\Theta = \text{atan2}(0,29) \times 180\pi = 0$$

b. $x = 22, y = 8$

$$\Theta = \text{atan2}(8,22) \times 180\pi = 20.02$$

c. $x = 15, y = 13$

$$\Theta = \text{atan2}(13,15) \times 180\pi = 40.6$$

d. $x = 8, y = 15$

$$\Theta = \text{atan2}(15,8) \times 180\pi = 61.93$$

e. $x = 2, y = 16$

$$\Theta = \text{atan2}(16,2) \times 180\pi = 82.87$$

f. $x = -3, y = 16$

$$\Theta = \text{atan2}(16,-3) \times 180\pi = 101.19$$

g. $x = -9, y = 15$

$$\Theta = \text{atan2}(15,-9) \times 180\pi = 120.26$$

h. $x = -16, y = 13$

$$\Theta = \text{atan2}(13,-16) \times 180\pi = 140.19$$

i. $x = -23, y = 8$

$$\Theta = \text{atan2}(8,-23) \times 180\pi = 160.3$$

j. $x = -32, y = 0$

$$\Theta = \text{atan2}(0,-32) \times 180\pi = 180$$

k. $x = -39, y = -15$

$$\Theta = \text{atan2}(-15,-39) \times 180\pi = 201.03$$

l. $x = -40, y = -34$

$$\Theta = \text{atan2}(-34,-40) \times 180\pi = 220.26$$

m. $x = -30, y = -54$

$$\Theta = \text{atan2}(-54,-30) \times 180\pi = 241.93$$

n. $x = -11, y = -63$

$$\Theta = \text{atan2}(-63,-11) \times 180\pi = 260.11$$

o. $x=10, y=-59$

$$\Theta = \text{atan2}(-59,10) \times 180\pi = 279.65$$

p. $x = 27$, $y = -45$

$$\Theta = \text{atan2}(-45,27) \times 180\pi = 300.26$$

q. $x = 34$, $y = -28$

$$\Theta = \text{atan2}(-28,34) \times 180\pi = 320.49$$

r. $x = 34$, $y = -12$

$$\Theta = \text{atan2}(-12,34) \times 180\pi = 340.4$$

2. Perhitungan Manual Error Absolut

a. Heading Sensor: 0

Heading Manual: 0

Error Absolut: $|0-0|=0$

b. Heading Sensor: 20

Heading Manual: 20.02

Error Absolut: $|20-20.02|=0.02$

c. Heading Sensor: 40

Heading Manual: 40.6

Error Absolut: $|40-40.6|=0.6$

d. Heading Sensor: 60

Heading Manual: 61.93

Error Absolut: $|60-61.93|=1.93$

e. Heading Sensor: 80

Heading Manual: 82.87

Error Absolut: $|80-82.87|=2.87$

f. Heading Sensor: 100

Heading Manual: 101.19

Error Absolut: $|100-101.19|=1.19$

g. Heading Sensor: 120

Heading Manual: 120.26

Error Absolut: $|120-120.26|=0.26$

h. Heading Sensor: 140

Heading Manual: 140.19

Error Absolut: $|140-140.19|=0.19$

i. Heading Sensor: 160

Heading Manual: 160.3

Error Absolut: $|160-160.3|=0.3$

j. Heading Sensor: 180

Heading Manual: 180

Error Absolut: $|180-180|=0$

k. Heading Sensor: 200

Heading Manual: 201.03

Error Absolut: $|200-201.03|=1.03$

l. Heading Sensor: 220

Heading Manual: 220.26

Error Absolut: $|220-220.26|=0.26$

m. Heading Sensor: 240

Heading Manual: 241.93

Error Absolut: $|240-241.93|=1.93$

n. Heading Sensor: 260

Heading Manual: 260.11

Error Absolut: $|260-260.11|=0.11$

o. Heading Sensor: 280

Heading Manual: 279.65

Error Absolut: $|280-279.65|=0.35$

p. Heading Sensor: 300

Heading Manual: 300.26

Error Absolut: $|300-300.26|=0.26$

q. Heading Sensor: 320

Heading Manual: 320.49

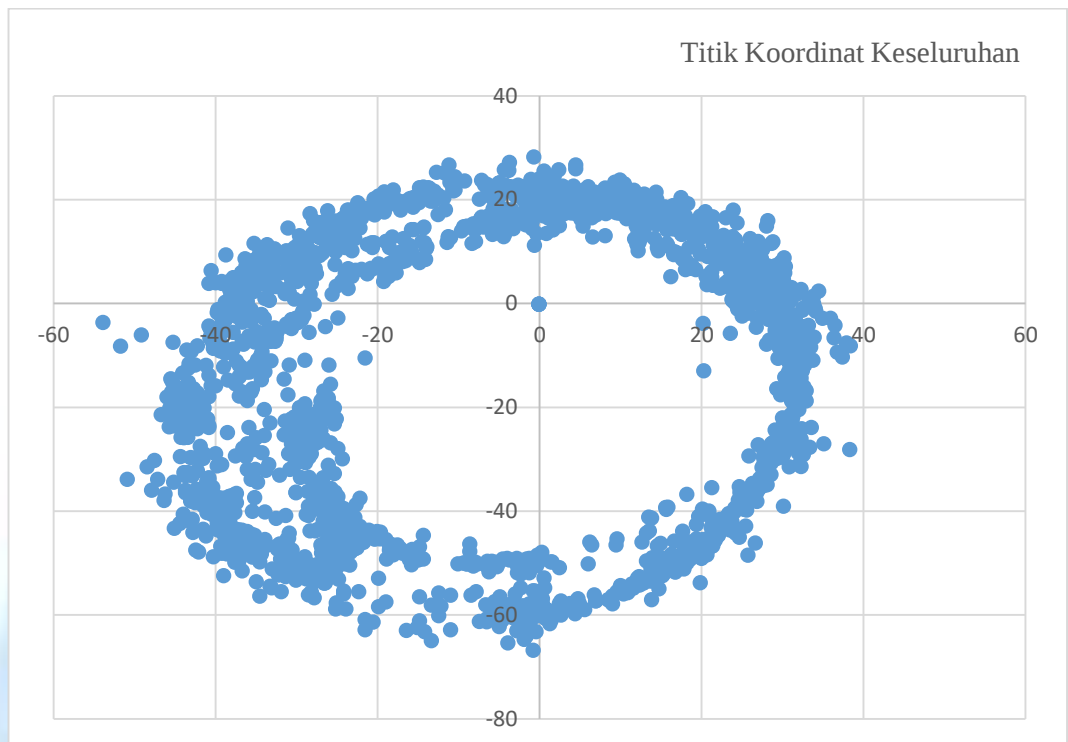
Error Absolut: $|320-320.49|=0.49$

r. Heading Sensor: 340

Heading Manual: 340.4

Error Absolut: $|340-340.4|=0.4$

3. Gambar Titik Koordinat



4. Uji lapangan



