

SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING PUTARAN MESIN
DAN NAVIGASI KAPAL JARAK JAUH BERBASIS
MIKROKONTROLER**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD NUR AZHAR GUNAWANG

D091191020



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

ii

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING PUTARANN MESIN
DAN NAVIGASI KAPAL JARAK JAUH BERBASIS
MIKROKONTROLER**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD NUR AZHAR GUNAWANG
D091191020**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 23 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Rahimuddin, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197108251999031002



Dr. Eng. Ir. Andi Aimijoyo Mochtar, ST., MT.
NIP. 197602162010121002

Ketua Program Studi,



Dr.Eng. Ir. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP. 197108251999031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Nur Azhar Gunawangbing

NIM : D091191020

Departement : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

PERANCANGAN SISTEM MONITORING PUTARAN MESIN DAN NAVIGASI KAPAL
JARAK JAUH BERBASIS MIKROKONTROLER

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 23 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Nur Azhar Gunawang

ABSTRAK

MUHAMMAD NUR AZHAR GUNAWANG. D091191020. **PERANCANGAN SISTEM MONITORING PUTARAN MESIN DAN NAVIGASI KAPAL JARAK JAUH BERBASIS MIKROKONTROLER**, (Dibimbing oleh Rahimuddin, S.T., M.T., dan Dr. Eng Ir. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.Eng).

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem yang terdiri dari beberapa mikrokontroler seperti Arduino sebagai pusat penyimpanan algoritma dalam mengendalikan *prototype*, nrf24l01 sebagai modul komunikasi antara *prototype* dengan *ground station*, sensor optocoupler sebagai pembaca nilai putaran mesin (rpm) dan gps berfungsi untuk mengetahui koordinat awal, tujuan dan berlayar kapal. Penelitian ini membahas performa navigasi kapal menggunakan mode autopilot dengan mengikuti koordinat waypoint yang telah ditentukan pada algoritma yang membentuk sebuah rute zigzag dan circle. Melalui hasil analisis data, disimpulkan bahwa mode autopilot sangat membantu navigasi kapal dalam mencapai koorinat tertentu dengan tingkat presisi eror gps yang kecil. Dari berbagai eksperimen yang dilakukan, terlihat korelasi yang kuat antara putaran mesin (rpm) dan kecepatan prototype kapal. Peningkatan putaran mesin (rpm) cenderung diikuti oleh peningkatan kecepatan kapal (knot), meskipun terdapat sedikit delay dalam respons kecepatan terhadap perubahan putaran mesin (rpm). Hal ini menunjukkan bahwa putaran mesin (rpm) dapat digunakan sebagai indikator untuk memprediksi kecepatan kapal (knot), yang sangat berguna dalam berbagai kondisi navigasi. Temuan ini menegaskan pentingnya penggunaan autopilot yang cermat dalam meminimalkan risiko kecelakaan kapal dan meningkatkan efisiensi pelayaran. Selain itu, penelitian ini menyoroti peran teknologi komunikasi seperti modul NRF24L01 dalam pengiriman data, menekankan perlunya solusi navigasi yang ekonomis dan dapat dipantau serta dikendalikan dari darat untuk meningkatkan keselamatan pelayaran secara keseluruhan.

Kata kunci : Navigasi kapal, Autopilot, Optocoupler, NRF24l01, RPM.

ABSTRACT

MUHAMMAD NUR AZHAR GUNAWANG. D091191020. **DESIGN OF REMOTE MICROCONTROLLER-BASED ENGINE ROTATION AND SHIP NAVIGATION MONITORING SISTEM.** (Supervised by Rahimuddin, S.T., M.T., dan Dr. Eng Ir. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.Eng).

This research, a sistem was designed comprising several microcontrollers such as Arduino, which acts as the central repository for the control algorithm of the prototype. The nRF24L01 module is used for communication between the prototype and the ground station, the optocoupler sensor reads the engine's rotational speed (rpm), and the GPS is used to determine the initial coordinates, destination, and navigation of the vessel. This research discusses the performance of the vessel's navigation using autopilot mode by following predetermined waypoint coordinates that form a zigzag and circular route. Through data analysis, it is concluded that the autopilot mode significantly aids the vessel's navigation in reaching specific coordinates with a low GPS error margin. Various experiments demonstrated a strong correlation between the engine's rotational speed (rpm) and the prototype vessel's speed (knot). An increase in rpm tends to be followed by an increase in vessel speed, although there is a slight delay in the speed's response to rpm changes. This indicates that engine rpm can be used as an indicator to predict vessel speed, which is very useful in various navigation conditions. These findings underscore the importance of careful use of autopilot to minimize the risk of maritime accidents and enhance navigation efficiency. Furthermore, this study highlights the role of communication technology, such as the NRF24L01 module, in data transmission, emphasizing the need for economical navigation solutions that can be monitored and controlled from shore to improve overall maritime safety.

Keywords: Ship navigation, Autopilot, Optocoupler, NRF24L01, RPM.

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusaan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
BAB II	4
LANDASAN TEORI.....	4
2.1 <i>Marine Automatic Surface Ships</i> (MASS).....	4
2.2 Sistem Kendali Navigasi Kapal Autopilot.....	6
2.3 Konsep Persamaan Matematika Navigasi Kapal Autopilot	7
2.3.1 Jarak Kapal Terhadap Waypoint	7
2.3.2 Arah Kapal	7
2.3.3 Arah Kapal Terhadap Waypoint.....	8
2.3.4 Konsep Gerak Rudder	9
2.4 Automatic Identification Sistem (AIS).....	9
2.4.1 Prinsip Kerja AIS	10
2.5 Perangkat Mikrokontroler	11
2.5.1 Arduino Mega 2560	11
2.5.2 Arduino UNO.....	12
2.6 Sensor dan Modul	13
2.6.1 Sensor Pengukur Putaran Mesin Optocoupler	13
2.6.2 Sensor Kompas GY-271	15
2.6.3 Modul GPS Ublox Neo-6m.....	16
2.6.4 Modul Komunikasi Data <i>Wireless</i> NRF24L01.....	17
2.7 Komponen Kendali Navigasi Kapal	18
2.7.1 Radio Control.....	18

2.7.2	Electronic Speed Control (ESC).....	19
2.7.3	Brushless Motor	20
2.7.4	Motor Servo	20
2.7.5	Propeller 4 blade	21
2.7.6	Battrey Lipo	22
2.8	Software Arduino IDE	22
BAB III.....		24
METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Lokasi Penelitian.....	24
3.2	Objek Penelitian.....	24
3.3	Sumber Data.....	25
3.4	Tahapan Penelitian	25
3.4.1	Studi Literatur	25
3.4.2	Persiapan lokasi Pengujian.....	25
3.4.3	Pemeriksaan Prototype.....	26
3.4.4	Perancangan Sistem Kendali Prototype.....	26
3.4.5	Perancangan Model Matematika Monitoring dan Kendali Jarak Jauh.....	27
3.4.6	Desain Pemrograman Sistem Monitoring dan Kendali Navigasi Jarak jauh pada Software Arduino IDE	27
3.4.7	Pembuatan Skema Elektrik	30
3.4.8	Instalasi Sistem Penggerak dan Kendali Navigasi Kapal	31
3.4.8.1	Instalasi Sistem Propulsi Kapal.....	31
3.4.8.2	Instalasi Komponen Mikrokontroler	31
3.4.9	Pengujian Prototype	32
3.4.10	Pengolahan Data dan Analisis Data	32
3.4.11	Dokumentasi dan Penyusunan Laporan	32
3.5	Komponen Rancangan Sistem Monitoring Putaran Mesin dan Kendali Jarak Jauh	33
3.6	Kerangka Alur Penelitian	34
BAB IV.....		35
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Set Up Pengujian Navigasi	35
4.1.1	Kalibrasi Sensor Kompas GY-271 dan Sensor Putaran Mesin Optocoupler	35
4.1.1.1	Kalibrasi Sensor Putaran Mesin Optocoupler	36
4.1.1.2	Kalibrasi Sensor Kompas GY-271	38
4.1.2	Pengujian Respon Navigasi Prototype	40
4.1.2.1	Hasil Pengujian Kapal Pada Lintasan Lurus	40
4.1.2.2	Hasil Pengujian Kapal Pada Manuvering Turning Circle.....	42
4.1.3	Plotting Koordinat Data Waypoint Menggunakan Aplikasi Software Mission Planner dan Mode Manual RC.....	43
4.1.3.1	Waypoint Zigzag Menggunakan Software Mission Planner	44
4.1.3.2	Penentuan Waypoint Circle Menggunakan Software Mission Planner	45
4.1.3.3	Penentuan Waypoint Zigzag Menggunakan Mode Manual RC	46
4.1.3.4	Penentuan Waypoint Circle Menggunakan Mode Manual RC.....	47

4.2 Hasil Eksperimen Kendali Navigasi Autopilot Pada waypoint zigzag dan circle	48
4.2.1 Hasil Eksperimen Navigasi Autopilot Kapal dengan Waypoint Zig Zag	48
4.2.1.1 Pengujian Navigasi Autopilot Menggunakan Waypoint Zig Zag dari Data Software Mission Planner	49
4.2.1.2 Pengujian Navigasi Autopilot Menggunakan Waypoint Zig Zag dari Data Mode Manual RC.....	52
4.2.2 Hasil Eksperimen Navigasi Autopilot Kapal dengan Waypoint Circle	54
4.2.2.1 Pengujian Navigasi Autopilot Menggunakan Waypoint Circle dari Data Software Mission Planner	54
4.2.2.2 Pengujian Navigasi Autopilot Menggunakan Waypoint Circle dari Data Mode Manual RC.....	57
4.2.3 Vektor Kecepatan Pada Sumbu X dan Sumbu Y	59
4.3 Hasil Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Navigasi Autopilot Pada waypoint zigzag dan circle	61
4.3.1 Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Navigasi Autopilot Kapal dengan Waypoint Zig Zag	62
4.3.1.1 Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Kapal Waypoint Zig Zag dari Data Software Mission Planner	62
4.3.1.2 Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Waypoint Zig Zag dari Data Mode Manual RC	63
4.3.2 Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Navigasi Autopilot Kapal dengan Waypoint Circle	64
4.3.2.1 Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Waypoint Circle dari Data Software Mission Planner.....	64
4.3.2.2 Hasil Monitoring Putaran Mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Waypoint Circle dari Data Mode Manual RC	65
BAB V	67
PENUTUP	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 (MASS) Marine Automatic Surface Ships.....	5
Gambar 2 Arduino Mega 2560.....	12
Gambar 3 Arduino UNO.....	13
Gambar 4 Sensor optocoupler.....	14
Gambar 5 Gambaran pembacaan sensor terhadap objek.....	14
Gambar 6 Sensor GY-271.....	15
Gambar 7 Modul GPS Ublox Neo-6M.....	17
Gambar 8 Modul Radio NRF24L01.....	18
Gambar 9 RC Futaba 4 channel.....	19
Gambar 10 ESC Seaking 90A.....	19
Gambar 11 Brushless Motor.....	20
Gambar 12 Motor Servo MG996R 180°.....	20
Gambar 13 Motor Servo dan Sudut Lengan Servo.....	21
Gambar 14 Propeller 4 blade.....	21
Gambar 15 Batrei LiPo.....	22
Gambar 16 Visual Arduino IDE.....	23
Gambar 17 Peta Lokasi Penelitian Danau Mawang.....	24
Gambar 18 Prototype Kapal Ikan lab. Listrik & kendali.....	24
Gambar 19 Skema Sistem Navigasi Pada Prototype Rancangan.....	26
Gambar 20 Diagram blok monitoring dan kendali Pada Prototype Rancangan.....	26
Gambar 21 Tampilan Potongan Program Algoritma yang dirancang. (Program Algoritma Lengkap pada Lampiran 17).....	27
Gambar 22 Potongan Algoritma Perhitungan Jarak antara 2 koorinat.....	28
Gambar 23 Algoritma Kendali Navigasi Prototype.....	29
Gambar 24 Rangkaian Sistem Elektrik.....	30
Gambar 25 Grafik Kalibrasi Nilai putaran motor (rpm) Optocoupler dengan Tachometer.....	37
Gambar 26 Pengukuran RPM Menggunakan Tacohmeter. (a) Hasil pengukuran dan (b) Metode Pengukuran.....	37
Gambar 27 Pengukuran RPM menggunakan Optocoupler.....	37
Gambar 28 Grafik Kalibrasi Nilai sudut arah GY-271 dengan Kompas.....	39
Gambar 29 Pengukuran Sudut Arah Menggunakan Kompas.....	39
Gambar 30 Pengukuran Sudut Arah Menggunakan GY-271.....	40
Gambar 31 Eksperimen Prototype Kapal Lintasan Lurus.....	42
Gambar 32 Eksperimen Prototype Kapal Turning Circle.....	42
Gambar 33 Map Mission Planner.....	44
Gambar 34 Penentuan Track Waypoint Zig Zag Menggunakan Maps.....	44
Gambar 35 Penentuan Track Waypoint Circle Menggunakan Maps.....	45
Gambar 36 Penentuan Track Waypoint Zig Zag Menggunakan Mode Manual.....	46
Gambar 37 Penentuan Track Waypoint Circle Menggunakan Mode Manual.....	47
Gambar 38 Kapal Bernavigasi Menggunakan Waypoint Zigzag dari Data Mission Planner.....	49
Gambar 39 Hasil Lintasan Mode Autopilot Menggunakan Waypoint Zig Zag Mission Planner.....	51
Gambar 40 Kapal Bernavigasi Menggunakan Waypoint Zigzag dari Data Manual RC.....	52
Gambar 41 Hasil Lintasan Mode Autopilot Menggunakan Waypoint Zig Zag Manual RC.....	53
Gambar 42 Kapal Bernavigasi Menggunakan Waypoint circle dari Data Mission Planner.....	54
Gambar 43 Hasil Lintasan Mode Autopilot Waypoint Circle Mission Planner.....	56

Gambar 44	Kapal Bernavigasi Menggunakan Waypoint Circle dari Data Manual RC	57
Gambar 45	Hasil Lintasan Mode Mode Autopilot Menggunakan Waypoint Circle Manual RC	58
Gambar 46	Vektor Kecepatan Pada Sumbu X dan Sumbu Y	60
Gambar 47	Monitoring Prototype Menggunakan Arduino Ide	61
Gambar 48	Grafik Hasil Pembacaan Putaran Mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Mode Autopilot WP Zigzag Mission Planner	62
Gambar 49	Hasil Pembacaan Putaran Mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Mode Autopilot Wp Zigzag Manual RC	63
Gambar 50	Hasil Pembacaan Putaran mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Mode Auto Pilot WP Circle dari data Mission Planner	64
Gambar 51	Hasil Pembacaan Putaran mesin dan Kecepatan Kapal Menggunakan Mode Auto Pilot WP Zig Zag Manual RC	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbedaan Fitur AIS Class A dan Class B	10
Tabel 2 Komponen Rancangan Sistem Monitoring Putaran mesin dan kendali jarak jauh	33
Tabel 3 Data Kalibrasi Sensor Optocoupler dengan Tachometer	36
Tabel 4 Data Kalibrasi Sensor Kompas GY-271 dengan Perangkat Kompas	38
Tabel 5 Data Pengujian Track Lurus Setiap Kecepatan	40
Tabel 6 Data Pengujian Turning Circle Setiap Kecepatan dengan sudut kemudi 35°	43
Tabel 7 Data Waypoint Zig Zag Menggunakan Software Mission planner.	45
Tabel 8 Data Waypoint Circle Menggunakan Software Mission Planner	46
Tabel 9 Data Waypoint Zig Zag Menggunakan Mode Manual.	47
Tabel 10 Data Waypoint Circle Menggunakan Mode RC.	48
Tabel 11 Data Koordinat, putaran mesin (rpm), Kecepatan Kapal Navigasi autopilot Waypoint Zig Zag Mission Planner (Data lengkap pada lampiran 4)	50
Tabel 12 Data Error Tracking Autopilot Menggunakan Waypoint Zig Zag Mission Planner	51
Tabel 13 Data Koordinat, putaran mesin (rpm), Kecepatan Kapal Navigasi autopilot Waypoint Zig Zag Manual RC (Data lengkap pada lampiran 6)	52
Tabel 14 Data Error GPS Autopilot Menggunakan Waypoint Zig Zag Manual RC	54
Tabel 15 Data Koordinat, putaran mesin (rpm), Kecepatan Kapal Navigasi autopilot Waypoint Zig Zag Mission Planner (Data lengkap pada lampiran 5)	55
Tabel 16 Data Error GPS Autopilot Waypoint Circle Mission Planner	56
Tabel 17 Data Koordinat, putaran mesin (rpm), Kecepatan Kapal Navigasi autopilot Waypoint Zig Zag Manual RC (Data lengkap pada lampiran 7)	58
Tabel 18 Data Error GPS Autopilot Menggunakan Waypoint Circle Manual RC	59
Tabel 19 Hasil Vektor Kecepatan Pada Setiap Sumbu X dan Y setiap Detiknya	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengujian Navigasi Kapal	72
Lampiran 2 Data Hasil Autopilot (a) Waypoint Zigzag Plotting Google Maps (b) Waypoint Circle Plotting Plotting Google Maps	73
Lampiran 3 Hasil Autopilot (a) Waypoint Zigzag Plotting Manual RC (b) Waypoint Circle Plotting Manual RC	74
Lampiran 4 Data Hasil Autopilot Waypilot zigzag Plotting Google Maps	86
Lampiran 5 Data hasil Autopilot Waypoint Circle Plotting Google Maps	90
Lampiran 6 Data hasil Autopilot Waypoint Zig Zag Plotting Manual RC	95
Lampiran 7 Data hasil Autopilot Waypoint Circle Plotting Manual RC	99
Lampiran 8 TX skematik (Prototype).....	104
Lampiran 9 RX skematik (Ground Station).....	104
Lampiran 10 Arduino to NRF24L01	105
Lampiran 11 Arduino to Receiver	106
Lampiran 12 Arduino to GY-271	106
Lampiran 13 Arduino to GPS Ublox Neo-6M	107
Lampiran 14 Arduino to Optocoupler	107
Lampiran 15 Arduino to Servo.....	108
Lampiran 16 Arduino to Electric Speed Control (ESC)	108
Lampiran 17 Kode Program pada Prototype (TX)	110
Lampiran 18 Kode Program pada Ground Station (RX)	126

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perancangan Sistem Monitoring Putaran Mesin dan Navigasi Kapal Jarak Jauh Berbasis Mikrokontroler” untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa tugas skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dari penulis sebagai manusia biasa. Oleh karena itu penulis memohon maaf atas semua kekurangan dan kesalahan yang terjadi dalam penulisan skripsi ini dan berharap masukan serta saran agar kedepannya penulis dapat lebih baik lagi.

Skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, masukan, dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanawata’alah yang telah memberikan Kesehatan, kesabaran, dan kelancaran dalam proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
2. Kedua orang tua saya Bapak dan Ibu serta saudari-saudari saya yang senantiasa mendoakan saya dan memberikan dukungan secara moral dan material.
3. Bapak Rahimuddin S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing I yang selalu bersedia meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan beliau dan juga atas masukan dan nasehatnya selama proses penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng Ir. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.Eng. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama proses penulisan skripsi ini.
5. Bapak Baharuddin, ST., M.T. dan A. Husni Sitepu, ST., M.T. selaku dosen tim penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh dosen, staff, dan karyawan Departemen Teknik Sistem Perkapalan fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
7. Teman-teman KORTNOZZLE 2019 yang telah kebersamai dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat

bagi penulis secara pribadi serta pada pembaca yang menjadikan skripsi ini sebagai acuan atau pedoman dalam pembelajaran ataupun dalam menyusun skripsi.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis secara pribadi serta pada pembaca yang menjadikan skripsi ini sebagai acuan atau pedoman dalam pembelajaran ataupun dalam menyusun skripsi. Segala kekurangan dalam penelitian ini diharapkan menjadi pembelajaran kedepannya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya pada kita semua.

Gowa, Juni 2024

Muhammad Nur Azhar Gunawang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

International Maritime Organization (IMO) merupakan badan khusus PBB yang bertanggung jawab untuk keselamatan dan keamanan aktivitas pelayaran serta pencegahan polusi di laut oleh kapal. Peraturan seputar kecelakaan kapal telah diterbitkan oleh IMO, di antaranya adalah peraturan tentang menghindari tabrakan untuk meminimalkan risiko kecelakaan di jalur laut. Namun demikian, kecelakaan masih sering terjadi, baik antara dua kapal maupun antara kapal dengan objek lainnya. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa respons nakhoda yang terlambat, hilangnya fungsi peralatan navigasi, kegagalan sistem kemudi, cuaca buruk, dan sistem monitoring yang tidak berfungsi adalah penyebab utama terjadinya tabrakan (Paroka, Kamil, & Muhammad, 2017).

Sistem navigasi adalah kunci keselamatan kapal dalam pelayaran. Navigasi laut digunakan sebagai alat penunjuk jalan maupun alat komunikasi ketika berada di tengah hamparan laut. Peralatan navigasi laut seperti kompas, peta, radar, dan GPS berfungsi sebagai sarana bantu ketika mengarungi lautan lepas. Ketentuan peralatan pemantau lalu lintas kapal tertuang dalam Konvensi International Maritime Organisation (IMO) tentang Safety of Life at Sea (SOLAS) Chapter V, yang secara terperinci mengatur keselamatan pelayaran untuk semua kapal (SOLAS, 2000).

Sistem navigasi dan monitoring kapal berperan penting dalam memastikan keselamatan dan efisiensi operasional. Pada SOLAS 1974 dan Colreg (Collision Regulation 1972), diwajibkan pemasangan AIS (Automatic Identification System) pada kapal yang memiliki gross tonnage (GT) 300 ton atau lebih, serta pada semua jenis kapal penumpang (IMO, 2002). Pemerintah melalui Kementerian Perhubungan memperkuat sistem navigasi berbasis teknologi terkini di sejumlah pelabuhan Indonesia untuk menekan tingkat kecelakaan kapal di Tanah Air (Kemenhub, 2023). Namun, tidak semua kapal dapat menerapkan peralatan navigasi seperti yang ditetapkan dalam SOLAS, terutama kapal tradisional yang tergolong dalam kapal Non Konvensi (Non Convention Vessel Standard/NCVS). Hal ini disebabkan oleh harga peralatan navigasi yang mahal, terutama bagi nelayan tradisional. Konsekuensi dari minimnya peralatan komunikasi dan navigasi ini sering kali menyebabkan kapal terdampar di lautan lepas atau bahkan kandas tanpa diketahui posisi terakhirnya.

Masalah utama dalam monitoring kapal saat ini adalah keterbatasan akses terhadap teknologi yang canggih dan ekonomis. Banyak kapal tradisional dan nelayan yang tidak memiliki peralatan monitoring dan navigasi yang memadai, sehingga rentan terhadap kecelakaan dan hilangnya efisiensi operasional. Selain itu, kurangnya kemampuan untuk memantau kondisi mesin dan navigasi kapal secara real-time dari darat menambah risiko operasional.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini akan berfokus pada pengembangan sistem monitoring putaran mesin dan navigasi jarak jauh pada prototipe kapal menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pusat kendali, sensor Optocoupler untuk membaca putaran mesin, dan modul NRF24L01 sebagai protokol komunikasi jarak jauh. Pengembangan sistem ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat ke depan. diantaranya peningkatan keselamatan pelayaran dengan sistem monitoring dan navigasi yang lebih baik, sehingga mengurangi risiko kecelakaan akibat kesalahan manusia dan kegagalan peralatan. Manfaat lainnya sistem yang lebih ekonomis dapat diadopsi oleh kapal-kapal tradisional dan nelayan, meningkatkan keselamatan mereka tanpa membebani dengan biaya tinggi. Keempat, navigasi yang lebih tepat dapat membantu kapal menghindari area sensitive dan sistem ini memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan real-time, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut guna meningkatkan strategi operasional dan keselamatan pelayaran di masa depan. Dengan demikian, pengembangan sistem monitoring dan navigasi berbasis teknologi yang ekonomis dan efisien ini diharapkan dapat membawa manfaat besar bagi industri pelayaran, meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan operasional kapal di perairan Indonesia.

1.2 Rumusaan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas. Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana memonitor putaran mesin, kecepatan kapal dan transmit data ke ground station (laptop) menggunakan mikrokontroler.
2. Bagaimana menerima perintah kendali kapal dari jarak jauh menggunakan mikrokontroler.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisa sistem monitoring putaran mesin, kecepatan kapal dan transmit data ke ground station (laptop).

2. Menganalisa sistem kendali navigasi kapal jarak jauh dengan menggunakan modul telekomunikasi Prototype NRF24L01.

1.4 Batasan Masalah

Dalam mengarahkan serta acuan dalam penulisan tugas akhir, maka penulis memberikan batasan masalah agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu melebar, batasan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Jenis Prototype kapal yang digunakan adalah prototype kapal ikan lab. Listrik dan kendali.
2. Sistem kendali dalam penelitian ini menggunakan arduino uno.
3. Perencanaan sistem kendali jarak jauh ini untuk mendapatkan data putaran mesin dan kecepatan kapal.
4. Komunikasi data dalam penelitian ini menggunakan Prototype NRF24L01.
5. Tidak memperhitungkan desain dari rudder dan propeller.
6. Penelitian hanya terbatas eksperimental Prototype dan tidak pada simulasi Prototype.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Pengembangan monitoring kapal dari darat.
2. Dapat meningkatkan keselamatan pada kapal dan awak kapal
3. Perkembangan industri kapal dalam elektronika dan mikrokontroler

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Marine Automatic Surface Ships (MASS)*

Marine Automatic Surface Ships (MASS) adalah sebutan bagi kapal yang berlayar di permukaan air tanpa awak. MASS merupakan teknologi baru yang memungkinkan pengiriman barang melalui kapal dikendalikan dari jarak jauh dan tidak memerlukan awak kapal yang artinya akan berpengaruh pada efisiensi dan keamanan karena dapat mengurangi human-based eror pada saat pengoperasiannya. Maka dari pada itu, International Maritime Organisation (IMO) dalam agenda sesi 105 yang diadakan oleh Legal Committee (LEG) dan juga dalam sesi 99 pada pembahasan oleh Maritime Safety Committee (MSC)²⁷ mulai dibahas secara serius, mengingat pada pengoperasinya yang meminimalkan peran manusia yang akan berdampak luas jika MASS dikemudian hari beroperasi secara umum. Selain mengurangi faktor human-based eror, terdapat perhatian terhadap faktor-faktor lingkungan yang dirasa penggunaan teknologi konvensional mengancam lingkungan laut baik yang disebabkan oleh tumpahan minyak, atau hasil buangan gas karbon.²⁸ Teknologi MASS diproyeksikan akan menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan. Penerapan teknologi MASS akan diterapkan secara bertahap, hal ini mengingat adanya faktor geografis, dan juga faktor politik dan hukum terkait penggunaan MASS. IMO menyadari bahwa kemajuan teknologi nirawak pada dunia perkapalan tidak mungkin dihindari, dan untuk menjawab tantangan masa depan tersebut IMO sudah dan sedang membahas hal tersebut untuk menghasilkan regulasi MASS agar dapat beroperasi secara bertanggung jawab tanpa adanya awak atau kru kapal sebagai pengambil keputusan; dan hal tersebut sejalan dengan tiga fungsi anjungan (three key bridge functions) yaitu pengoperasian, kesadaran situasional, dan pengambil keputusan (Nugraha, Sudirman, & Putro, 2022).

Pada perkembangannya IMO melalui the Regulatory Scoping Exercise (RSE 2021) kemudian mengidentifikasi MASS dalam empat tingkatan berdasarkan derajat keotonomiannya, yaitu :

1. Kapal dengan kemampuan otomatis dan dukungan pengambilan keputusan. Kapal tetap dilengkapi dan diawaki oleh kru, namun beberapa hal dapat berjalan otomatis.
2. Kapal yang dikendalikan dari jarak jauh, namun kru tetap ada di dalam kapal tersebut. Kapal dikendalikan dari jarak jauh untuk navigasinya, namun kru tetap hadir di dalam kapal guna keperluan yang lain (back-up mode).

3. Kapal yang dikendalikan dari jarak jauh, tanpa adanya kru yang hadir di kapal tersebut. Kapal dikendalikan dari jarak jauh, dan tidak ada kru yang naik di dalam kapal tersebut (semi-fully automation).
4. Kapal dengan otonom penuh. Kapal tidak dikendalikan dari jarak jauh, melainkan kapal dapat mengambil tindakan dan melakukan navigasi secara mandiri dibantu oleh artificial intelligence.



Gambar 1 (MASS) *Marine Automatic Surface Ships*
(Sumber : Maritime Cyprus)

Keempat daftar otomatisasi tersebut perlu dibahas secara lebih lanjut, dikarenakan ini akan berkaitan erat dengan unsur-unsur keselamatan dan keamanan bagi MASS ataupun kapal konvensional. Teknologi yang disematkan pada MASS adalah GLONAS, LiDAR, SatNav untuk memastikan MASS dapat berada dalam kondisi yang prima serta menghindari kejadian yang tidak diinginkan selama pengoperasiannya dan algoritma yang diinput melalui data sentral yang selanjutnya AI akan mengembangkannya secara mandiri. Namun, walaupun pengembangan ataupun proyeksi teknologi MASS sudah mencapai tahap yang sedemikian rupa, instrumen hukum, khususnya pada COLREGs dan SOLAS masih terdapat ambivalensi, hal ini tercermin dalam beberapa pasal baik pada COLREGs, SOLAS, maupun STCW. Dalam STCW dijelaskan bahwa kehadiran kru dalam kapal, khususnya dalam ruang mesin tetap harus ada jika sewaktu-waktu membutuhkan intervensi manusia. merujuk pada peraturan nomor 5 COLREGs pada kalimat " proper look out by sight and hearing" dalam hal ini mengindikasikan bahwa pengoperasian sebuah kapal harus menggunakan pancaindera manusia yang hadir di kapal

tersebut. Selanjutnya peraturan tersebut berlaku sepanjang waktu, artinya jika melihat pada empat tahap otomatisasi yang memenuhi unsur dalam STWC, COLREGs, dan SOLAS hanya nomor satu dan dua, dimana kru yang ada di dalam kapal masih dapat mengintervensi secara langsung jika terdapat kegawatdaruratan. Hal ini juga dipertegas dalam RSE 2021 yang mengindikasikan bahwa masih banyak terdapat gap, atau ambivalensi terkait dengan penerapan MASS dan aturan yang ada hingga saat ini. Kemudian, mengingat MASS adalah teknologi yang baru berkembang, maka regulasi secara internasional masih belum tersedia, dan juga peraturan nasional Indonesia belum menyentuh perihal MASS sehingga masih menjadi area abu-abu. Mengingat MASS pada kondisi riilnya akan berbeda dengan pengoperasian kapal konvensional maka diperlukan pendekatan hukum yang revolusioner guna meregulasinya (Nugraha, Sudirman, & Putro, 2022).

2.2 Sistem Kendali Navigasi Kapal Autopilot

Sistem kendali autopilot pada kapal adalah teknologi yang memungkinkan kapal untuk melakukan navigasi secara otomatis tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung. Prinsip kerja autopilot pada kapal mirip dengan autopilot pada pesawat, di mana perangkat elektronik mengambil alih kendali kapal berdasarkan instruksi yang telah diprogram sebelumnya.

Secara umum, sistem kendali autopilot pada kapal menggunakan sensor seperti GPS, kompas magnetik, dan sensor kecepatan untuk memantau posisi, arah, dan kecepatan kapal. Informasi dari sensor-sensor ini kemudian diproses oleh unit kendali otomatis yang memberikan instruksi kepada perangkat kemudi, seperti roda kemudi atau motor kemudi, untuk menjaga kapal pada jalur yang telah ditentukan.

Autopilot dapat diprogram untuk melakukan berbagai tugas navigasi, seperti menjaga kapal pada jalur lurus, mengikuti rute yang telah ditentukan, atau bahkan melakukan manuver tertentu seperti berbelok atau berputar. Pengguna dapat mengatur parameter-parameter tertentu, seperti kecepatan, sudut kemudi, dan toleransi kesalahan, sesuai dengan kebutuhan navigasi kapal.

Keuntungan utama dari sistem kendali autopilot adalah dapat mengurangi kelelahan awak kapal, meningkatkan efisiensi navigasi, dan memberikan stabilitas dalam kondisi cuaca buruk. Namun, seperti halnya dengan teknologi otomatis lainnya, autopilot juga memiliki keterbatasan dan memerlukan pemantauan manusia untuk keamanan dan penanganan situasi darurat.

2.3 Konsep Persamaan Matematika Navigasi Kapal Autopilot

Navigasi kapal secara otomatis atau autopilot merupakan salah satu teknologi yang digunakan dalam dunia pelayaran untuk mengendalikan kapal tanpa intervensi manusia secara langsung. Pada penelitian ini autopilot memanfaatkan berbagai konsep matematika dan teknologi untuk mengontrol arah, kecepatan, dan posisi kapal secara tepat dan efisien.

2.3.1 Jarak Kapal Terhadap Waypoint

Salahsatu konsep matematis yang sangat penting dalam navigasi kapal adalah Great Circle Distance, yang dihitung menggunakan rumus Haversine. Rumus ini digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di permukaan bola, seperti bumi. Dalam konteks navigasi kapal, Great Circle Distance digunakan untuk menentukan jarak terpendek antara dua titik koordinat geografis, seperti titik awal dan tujuan pelayaran. Rumus Haversine dinyatakan sebagai berikut:

$$a = \sin^2 \frac{\Delta lat}{2} + \cos(lat_1) * \cos(lat_2) * \sin^2 \frac{\Delta lon}{2} \quad (1)$$

$$c = 2 * \operatorname{atan}^2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2)$$

$$d = R * c \quad (3)$$

dimana:

Δlat = selisih lintang antar dua titik koordinat,

Δlon = selisih bujur antar dua titik koordinat,

Lat1 dan lat2 = lintang dari kedua titik,

R = jari-jari bumi (rata-rata sekitar 6371 km), dan

d = Great Circle Distance antara kedua titik dalam unit yang sama dengan R .

Persamaan matematika ini memberikan dasar yang kuat untuk menghitung jarak terpendek antara dua titik koordinat pada permukaan bumi, yang merupakan elemen kunci dalam perencanaan rute dan navigasi kapal. Dengan menggunakan rumus ini, kapal dapat diarahkan secara optimal untuk mencapai tujuan dengan efisiensi waktu dan bahan bakar yang maksimal.

2.3.2 Arah Kapal

Selain jarak kapal terhadap waypoint, arah kapal terhadap waypoint juga merupakan bagian penting dalam menentukan orientasi dan arah kapal selama proses navigasi autopilot berlangsung. Dalam penelitian ini sensor kompas adalah komponen yang bertanggung jawab untuk

mendapatkan nilai nilai sudut arah secara actual dalam derajat. Berikut adalah persamaan matematis yang mendasari pembacaan arah pada sensor yang digunakan dalam penelitian ini:

$$heading = \text{atan}^2\left(\frac{y}{x}\right) + \delta \quad (4)$$

dimana:

heading = Current Heading / arah kapal saat ini,

x dan y = Hasil pembacaan sensor dari komponen medan magnetik di sumbu X dan Y,

δ = Declination Angle.

Declination Angle adalah sudut deviasi magnetik yang merupakan perbedaan antara arah utara magnetik (arah yang ditunjukkan oleh kompas) dan arah utara geografis (arah yang ditunjukkan oleh peta atau koordinat geografis). Sudut ini disebabkan oleh variasi dalam medan magnetik Bumi di sepanjang permukaan Bumi.

Ketika menggunakan sebuah kompas untuk menavigasi, penting untuk memperhitungkan declination angle agar dapat mengonversi arah yang ditunjukkan oleh kompas menjadi arah yang benar-benar sesuai dengan arah geografis. Ini berarti kita perlu menyesuaikan pembacaan kompas dengan memperhitungkan declination angle untuk menentukan arah yang akurat.

Secara matematis, declination angle dapat dimasukkan ke dalam perhitungan arah yang ditunjukkan oleh kompas dengan menambahkannya ke pembacaan kompas yang sebenarnya. Misalnya, jika declination angle positif di lokasi Anda, Anda harus menambahkannya ke arah yang ditunjukkan oleh kompas untuk mendapatkan arah yang benar-benar sesuai dengan arah geografis. Laman website yang dapat memberikan nilai declination angle adalah sebagai berikut <http://www.magnetic-declination.com//>.

Dengan memperhitungkan declination angle, kita dapat mengonversi arah yang ditunjukkan oleh kompas menjadi arah yang benar dalam konteks peta atau navigasi geografis. Hal ini penting untuk navigasi yang akurat, terutama dalam pengaturan navigasi laut dan darat.

2.3.3 Arah Kapal Terhadap Waypoint

konsep target heading memegang peranan penting dalam menentukan arah yang harus ditempuh oleh kapal untuk mencapai waypoint yang dituju dengan akurat. Target heading θ merupakan sudut yang menunjukkan arah yang harus ditempuh oleh kapal relatif terhadap utara

geografis untuk mencapai waypoint tersebut. Persamaan matematika yang digunakan untuk menghitung target heading adalah sebagai berikut:

$$\theta = \frac{\operatorname{atan}^2(\sin(\Delta \lambda) * \cos(\operatorname{lat}_2), \cos(\operatorname{lat}_1) * \sin(\operatorname{lat}_2) - \sin(\operatorname{lat}_1) * \cos(\operatorname{lat}_2) * \cos(\Delta \lambda))}{\cos(\Delta \lambda)} \quad (5)$$

dimana:

$\Delta \lambda$ = merupakan selisih bujur antara posisi kapal saat ini dan waypoint yang dituju,

Lat_1 = lintang kapal saat ini,

Lat_2 = lintang waypoint yang sedang dituju.

Fungsi atan^2 merupakan fungsi arctangent dua parameter yang menghasilkan nilai dalam radian.

2.3.4 Konsep Gerak Rudder

Rudder yang mempunyai kemampuan dalam menjaga arah sesuai dengan perintah. Salah satu yang banyak terpasang dikapal adalah tipe Van Amerongen, Karakteristik Prototype dinamis kapal akan lengkap dengan adanya Prototype sistem kemudi. Input sinyal ke sistem kemudi dilakukan autopilot Pada kebanyakan kapal, kecepatan dan sudut kemudi harus berada dalam batas yang sudah ditetapkan yang mempunyai spesifikasi kemampuan kerja antara -35° sampai 35° dan laju kerja rudder 0° sampai 7° /detik. Syarat untuk minimum laju rata-rata rudder ditentukan oleh klasifikasi perhimpunan. Hal tersebut disyaratkan bahwa rudder dapat digerakkan 35° dari 0° port menuju 35° ke starboard tidak lebih dari 30 detik (Amerongen, 1982). Hasil tersebut dapat diekspresikan dengan persamaan berikut:

$$\delta \max = 35[\text{deg}], 2.3 \leq \delta' \max \leq 7\left[\frac{\text{deg}}{\text{s}}\right] \quad (6)$$

$$\delta' \max = 2,5 \frac{\text{deg}}{\text{s}} - 7 \frac{\text{deg}}{\text{s}} \quad (7)$$

2.4 Automatic Identification System (AIS)

AIS adalah sistem pemancaran radio Very High Frequency (VHF) yang menyampaikan data-data melalui VHF Data Link (VDL) untuk mengirim dan menerima informasi secara otomatis ke kapal lain, stasiun VTS atau SROP. Dengan menerapkan sistem AIS akan dapat membantu pengaturan lalu lintas kapal dan mengurangi bahaya dalam bernavigasi.

AIS secara terus menerus akan mengirimkan data kapal seperti nama dan jenis kapal, tanda panggilan (call sign), kebangsaan kapal, Maritime Mobile Services Identities (MMSI), International Maritime Organization (IMO) Number, bobot kapal, data spesifikasi kapal, status

navigasi, titik koordinat kapal, tujuan berlayar dengan perkiraan waktu tiba, kecepatan kapal dan haluan kapal (Bhattacharjee, 2022).

2.4.1 Prinsip Kerja AIS

AIS bekerja dengan menggunakan frekuensi sangat tinggi (Very High Frequency – VHF), yaitu antara 156 – 162 MHz. Secara umum ada 2 jenis AIS, yaitu AIS Class A dan AIS Class B. Namun AIS yang sesuai dengan standard IMO adalah AIS Class A (IMO Resolution A.917(22)), yaitu AIS yg menggunakan skema akses komunikasinya menggunakan sistem SO-TDMA (Self-organized Time Division Multiple Access) sedangkan AIS Class B menggunakan sistem CS-TDMA (Carrier-sense Time Division Multiple Access). Daya pancaran AIS Class A sampai dengan 12,5 watt sedangkan AIS Class B hanya 2 watt, selain itu frekuensi pelaporan AIS class A adalah 2-10 detik saat keadaan berlayar dan setiap 3 menit saat diam dan AIS class B adalah 30 detik sekali saat berlayar dan 3 menit saat diam. adapun fasilitas lainnya yang dimiliki oleh AIS Class A lebih lengkap dibanding dengan AIS Class B. Perbedaan secara singkat antara kedua jenis AIS di tunjukkan pada tabel 1:

Tabel 1 Perbedaan Fitur AIS Class A dan Class B

No.	Fitur	AIS Class A	AIS Class B
1	Mengirim Nomor IMO	✓	X
2	Mengirim Informasi Tujuan (ETA)	✓	X
3	Mengirim Status Navigasi	✓	X
4	Mengirim Pesan Keselamatan	✓	✓
5	Menerima Pesan Keselamatan	✓	X
6	Mengirim Pesan Biner	✓	✓
7	Menerima Pesan Biner	✓	X
8	Mengirim Informasi Rate of Turn	✓	X
9	Mengirim Informasi Sarat kapal	✓	X
10	Mengirim Laporan Statis	✓	✓
11	Mengirim Laporan Dinamis	✓	✓
12	Mengirim Laporan Cuaca	✓	X

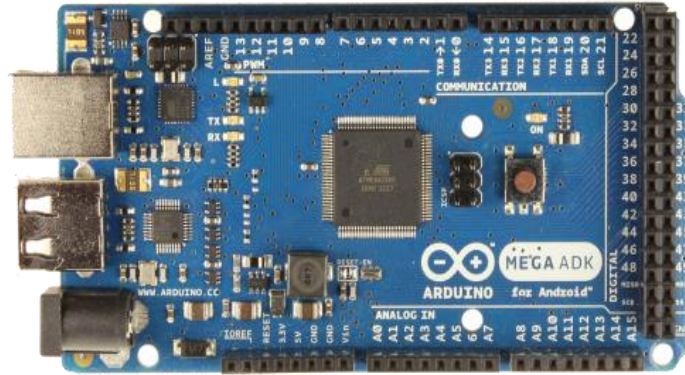
Kapal-kapal yang dilengkapi dengan perangkat AIS dapat memancarkan dan menerima berbagai informasi data tentang kapal-kapal disekitarnya, dengan dihubungkannya perangkat AIS ke perangkat elektronik lainnya maka data-data yang diterima dapat ditampilkan pada layar radar, maupun peta elektronik (Electronic Navigation Chart – ENC ataupun Electronic Chart Display and Information System – ECDIS). Selain mengirim dan menerima informasi data, kapal yang dilengkapi dengan AIS juga dapat memonitor dan melacak gerakan kapal-kapal lain yang juga dilengkapi dengan AIS. Informasi data kapal-kapal tersebut juga dapat diterima juga oleh stasiun pangkalan di darat, misalnya stasiun VTSs (Vessel Traffic Services) Informasi data-data kapal yang dimaksud antara lain: IMO Number, Call-sign, MMSI, posisi kapal (lintang dan bujur), jenis kapal, haluan dan kecepatan, static draught, panjang dan lebar kapal, tujuan, rate of turn, status navigasi, adanya muatan berbahaya di kapal, dan informasi lain yang diperlukan untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan pelayaran.

2.5 Perangkat Mikrokontroler

Pada penelitian ini, dua Arduino menjadi unsur utama dalam sistem. Arduino Mega, sebagai otak utama, bertugas mengoordinasikan fungsi-fungsi krusial seperti navigasi dan pengelolaan sensor. Sementara itu, di daratan, Arduino Uno berperan sebagai penerima data dan monitoring informasi yang diterima dari kapal. Kolaborasi keduanya membentuk jaringan yang efisien, memastikan bahwa data yang diterima dan diproses secara akurat untuk mendukung keberhasilan prototipe kapal.

2.5.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega adalah salah satu produk berlabel Arduino yang sebenarnya adalah papan elektronik yang mengandung mikrokontroler Atmega2560 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks (Kadir, 2013). Secara fisik, Arduino Mega 2560 memiliki board berukuran lebih besar dibanding arduino tipe lainnya. Hal tersebut dikarenakan board ini memiliki pin analog, pin digital, serta pin komunikasi yang lebih banyak dibanding arduino tipe lainnya.



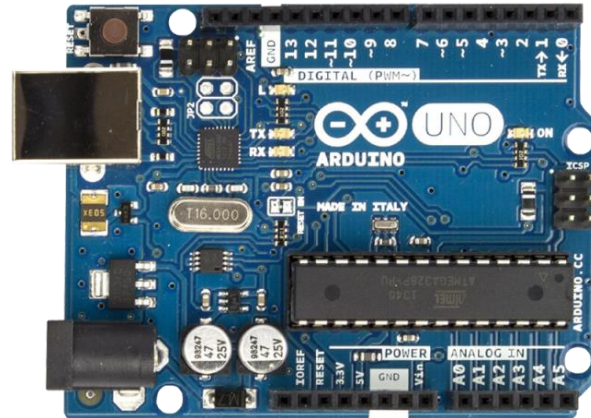
Gambar 2 Arduino Mega 2560

Spesifikasi Arduino Mega 2560 yang akan di gunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Microcontroller | = ATmega2560 |
| 2. Operating Voltage | = 5V |
| 3. Digital I/O Pins | = 54 (15 pin PWM) |
| 4. Analog Input Pins | = 16 |
| 5. Flash Memory | = 256 KB |
| 6. Clock Speed | = 16 MHz |
| 7. dimensi | = 101,52 mm x 53,3 mm |

2.5.2 Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalwrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm (Akbar, Nasser Masikki, Aliansyah, & Mulyawati, 2021).



Gambar 3 Arduino UNO

Spesifikasi Arduino Uno yang akan di gunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Microcontroller | = ATmega 328 |
| 2. Operating Voltage | = 5V |
| 3. Digital I/O Pins | = 14 (6 pin PWM) |
| 4. Analog Input Pins | = 6 |
| 5. Flash Memory | = 32 KB |
| 6. Clock Speed | = 16 MHz |
| 7. dimensi | = 68,6 mm x 53,4 mm |

2.6 Sensor dan Modul

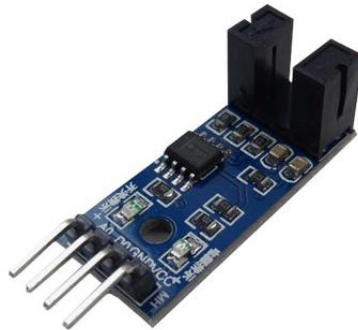
Sensor dan modul pada penelitian ini memiliki peran penting dalam navigasi kapal. Sensor optocoupler memantau putaran mesin, Sensor Kompas GY-271 menentukan arah, Modul GPS Ublox Neo6m memberikan lokasi, dan Modul komunikasi NRF24L01 memfasilitasi pengiriman data. Sensor dan modul ini digunakan untuk navigasi yang akurat dan pertukaran informasi yang efisien, adapun spesifikasinya sebagai berikut.

2.6.1 Sensor Pengukur Putaran Mesin Optocoupler

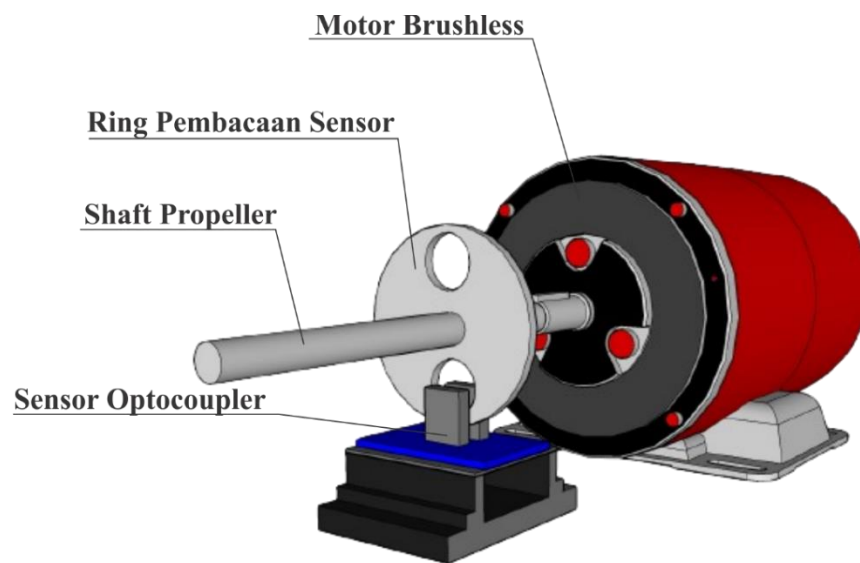
Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya optocoupler digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Optocoupler adalah suatu komponen penghubung (coupling) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic (Shah & Mudjiono, 2017).

Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu:

- a. Pada transmitter dibangun dari sebuah LED infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.
- b. Pada bagian receiver dibangun dengan dasar komponen phototransistor. Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum infra mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka phototransistor lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah.



Gambar 4 *Sensor optocoupler*



Gambar 5 Gambaran pembacaan sensor terhadap objek

Berikut adalah potongan algoritma yang nantinya akan digunakan Untuk menghitung putaran mesin ataupun rpm dan dalam penelitian ini persamaan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$RPM = \left(\frac{\Sigma Hr}{\Sigma L} \right) \times 60$$

dimana:

ΣHr = Jumlah Holes yang terbaca oleh sensor,

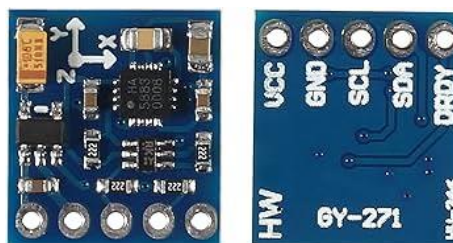
ΣL = Jumlah Holes yang didesain pada Ring.

Spesifikasi Sensor Optocoupler yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Merk | = Optocoupler H2010 Modul |
| 2. Optocoupler Slot Width | = 10mm |
| 3. Main Chip | = LM393 |
| 4. Operating Voltage | = 3 – 5V |
| 5. PCB Mounting Holes Distance | = 15mm |
| 6. Screw Size | = M3 |
| 7. Dimensi Modul | = 32 mm x 11 mm x 20mm |

2.6.2 Sensor Kompas GY-271

Sensor GY271 merupakan sensor kompas dengan 3 sumbu dimana didalamnya ditanamkan sebuah chip magnetometer yang bisa berupa QMC5883L. QMC5883L adalah sensor magnetik tiga-sumbu multi-chip yang terintegrasi dengan kondisi sinyal ASIC, yang digunakan dalam pengaplikasian presisi tinggi seperti kompas, navigasi dan game di drone, robot, ponsel dan perangkat genggam pribadi. QMC5883L ini memiliki keuntungan dengan noise yang rendah, akurasi 1 ° hingga 2 °, tegangan operasi 2.16 V sampai 3.6 V dan konsumsi daya rendah ($75\mu A$), serta interface menggunakan I2C. Gambar fisik dari sensor GY271 adalah seperti pada Gambar 6:

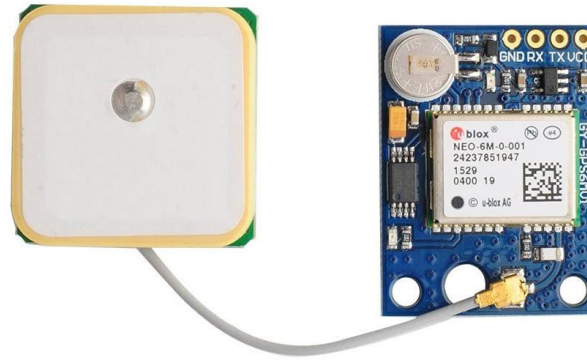


Gambar 6 Sensor GY-271

2.6.3 Modul GPS Ublox Neo-6m

GPS atau singkatan dari Global Positioning Sistem adalah sebuah sistem navigasi yang berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika yang didukung oleh 27 jaringan satelit. Beberapa komponen GPS ada yang sudah terintegrasi dengan antena, tetapi ada juga yang belum. Satelit GPS melakukan rotasi Bumi sebanyak dua kali dalam satu hari didalam orbit yang tepat. Masing - masing satelit mengirim sebuah sinyal unik dan parameter orbital yang bisa digunakan GPS untuk memecahkan kode dan menghitung lokasi yang tepat. Penerima GPS biasanya mengukur jarak dari masing – masing satelit dengan jumlah waktu yang diperlukan untuk menerima sebuah sinyal yang dikirim. Supaya bisa menentukan posisi pengguna, GPS akan mengukur jarak dari beberapa satelit dan kemudian hasil pengukuran akan dikirim ke penerima. Ada dua macam modul GPS berdasarkan antenanya. Modul GPS dengan antena Keramik Pasif dan modul GPS dengan antena Keramik Aktif. Untuk Modul GPS dengan Keramik Pasif kurang bagus dikarenakan saat di dalam ruangan(indoor) GPS akan kesusahan dalam melakukan lock sinyal satelit. Sedangkan untuk modul GPS Keramik Aktif bisa digunakan didalam maupun di luar ruangan, untuk kemampuan lock sinyal juga jauh lebih bagus dan akurat. (Susilawati & Awaludin, 2019). Gambar modul GPS bisa dilihat pada Gambar 7.

Sistem GPS menggunakan protokol NMEA-0183 untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Data yang dihasilkan dari protokol NMEA berbentuk kalimat (string) yang tiap karakternya berupa kode ASCII 8 bit. Setiap kalimat dari data yang dihasilkan dari protocol NMEA diawali karakter '\$', dua karakter Talker ID, tiga karakter Sentence ID, dan diikuti oleh data field yang masing-masing dipisahkan oleh tanda koma (,) serta diakhiri oleh optional checksum dan karakter carriage return/line feed (CR/LF). Jumlah karakter maksimum pada sebuah kalimat dari data yang dihasilkan oleh protokol NMEA adalah 82. Format dasar NMEA 0183 : \$aacc,c---c*hh<CR><LF>. Dimana aa merupakan Talker ID, ccc merupakan Sentence ID, c---c merupakan data field, hh merupakan optional checksum, <CR><LF> merupakan carriage return/line feed.



Gambar 7 Modul GPS Ublox Neo-6M

Spesifikasi modul GPS yang akan di gunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Merk | = Ublox Neo-6 GPS Modul |
| 2. Receiver Type | = 50 channels, GPS L1 (1575.42Mhz) |
| 3. Horizontal Position Accuracy | = 2,5m |
| 4. Navigation Update Rate | = 1Hz(up to 5Hz Maximum) |
| 5. Protocols Communication | = NMEA, UBX Binary, RTCM |
| 6. Serial Baud Rate | = 4800-230400 (default 9600) |
| 7. Operating Voltage | = 3 – 5V |
| 8. Operating Temperature | = -40°C to 80°C |
| 9. Dimensi Modul | = 35 mm x 25 mm |
| 10. Dimensi Antena | = 25 mm x 25 mm |

2.6.4 Modul Komunikasi Data *Wireless* NRF24L01

Modul NRF24L01 adalah modul radio jarak jauh mendukung 2,4 GHz transmisi data nirkabel dengan konsumsi daya yang rendah. Pada modul ini memiliki tiga mode operasi yaitu mode stand by, mode RX (mode receiver), dan mode TX (mode transceiver). Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi. Memiliki 8 pin yaitu: GND, VDD, CE, CSN, SCK, MOSI, MISO, dan IRQ (Gemilang & Suprianto, 2016).

Modul nRF24L01 menggunakan GFSK modulasi. Pengguna dapat mengkonfigurasi parameter seperti frekuensi channel, keluaran daya dan kecepatan transmisi di udara. nRF24L01 mendukung kecepatan transmisi 250 kbps, 1 Mbps dan 2 Mbps (Shobrina, Primananda, & Maulana, 2018).



Gambar 8 Modul Radio NRF24L01

Spesifikasi modul NRF24L01 yang akan di gunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Merk | = NRF24L01 |
| 2. Channels | = 125 multi-point comunication |
| 3. High Rate | = 1-2Mbps |
| 4. Working Frequency | = 2.4Ghz – 2.5Ghz |
| 5. Transmission Range | = 800 – 1000m |
| 6. Data Interface | = SPI |
| 7. Output Max | = + 20dBm |
| 8. Receive Mode Current | = 45mA |
| 9. Power Down Mode | = 4.2uA |
| 10. Operating Temperature | = -40°C to 85°C |
| 11. Operating Voltage | = 3 – 5V |
| 12. Dimensi Modul | = 45mm x 16mm |

2.7 Komponen Kendali Navigasi Kapal

2.7.1 Radio Control

radio control adalah perangkat kendali navigasi jarak jauh. Sistem *radio control* terdiri dari *transmitter* (pemancar) yang ada di *ground* dan *receiver* yang dipasang di kapal. Cara kerja *transmitter* adalah dengan menerjemahkan sinyal masukan dari komponen elektronik di dalamnya

kemudian memancarkan gelombang radio (elektromagnetik) sebagai keluarannya dalam frekuensi tertentu. Sementara *receiver* menerima pancaran sinyal dari *transmitter* kemudian menerjemahkannya menjadi perintah. Pada penelitian ini RC digunakan untuk memudahkan penelitian jika terjadi masalah pada sistem navigasi autopilot dan RC yang digunakan adalah Futaba dengan Transmitter 4 channel.



Gambar 9 RC Futaba 4 channel

2.7.2 Electronic Speed Control (ESC)

Kontrol kecepatan elektronik atau ESC adalah perangkat elektronik dengan tujuan untuk mengendalikan kecepatan motor, arah putaran dan bertindak sebagai rem dinamis. ESC sering digunakan pada Prototype kontrol radio bertenaga listrik, yang pada dasarnya menyediakan sumber tenaga listrik tiga fase elektronik yang disalurkan secara elektronik untuk motor.



Gambar 10 ESC Seaking 90A

2.7.3 Brushless Motor

Brushless motor merupakan motor yang mempunyai permanen magnet pada bagian “rotor” sedangkan elektro magnet pada bagian “stator”nya. Secara umum, kecepatan brushless motor yang keluar dari ESC diatur oleh pulsa dari mikrokontroler (Putro S., Rochim, & Widiyanto, 2016). Pada penelitian ini brushless motor akan menjadi sumber tenaga penggerak dan akuator dalam prototype Prototype kapal ikan lab. Listrik dan kendali.



Gambar 11 *Brushless Motor*

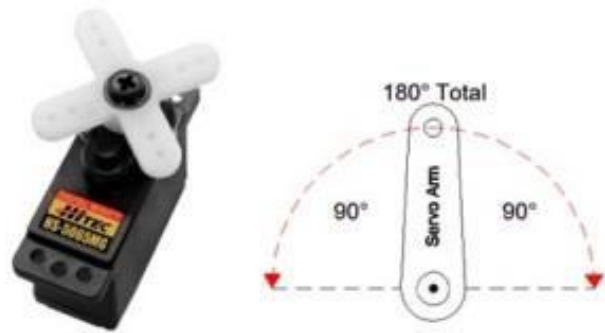
2.7.4 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau actuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansi nya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Servo pada penelitian ini digunakan untuk menggerakkan rudder kapal.



Gambar 12 Motor Servo MG996R 180°

Motor servo dapat dimanfaatkan pada pembuatan robot, salah satunya sebagai penggerak rudder pada kapal. Motor servo dipilih sebagai penggerak pada rudder karena motor servo memiliki tenaga atau torsi yang besar, sehingga dapat menggerakkan rudder dengan beban yang cukup berat. Pada umumnya motor servo yang digunakan sebagai penggerak pada rudder adalah motor servo 180°.



Gambar 13 Motor Servo dan Sudut Lengan Servo

2.7.5 Propeller 4 blade

Propeller digunakan sebagai alat pendorong kapal dimana daya dorong yang dihasilkan dari motor penggerak kapal, sehingga kapal dapat bergerak. Propeller berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dengan mengubah gerak rotasi menjadi gaya dorong. Perbedaan tekanan dihasilkan antara permukaan depan dan belakang dari pisau berbentuk airfoil, dan cairan (seperti udara atau air) dipercepat di belakang mata pisau. Dinamika propeller, seperti sayap pesawat terbang, dapat diPrototypekan dengan salah satu atau kedua prinsip Bernoulli dan hukum ketiga Newton Pada penelitian ini Propeller yang digunakan sebanyak 1 buah dan memiliki 4 daun.



Gambar 14 Propeller 4 blade

2.7.6 Battrey Lipo

Baterai LiPo (Lithium Polymer) adalah jenis baterai isi ulang yang menggunakan teknologi lithium-ion dalam bentuk polimer elektrolit untuk menyimpan energi. Baterai ini memiliki keunggulan dalam hal kepadatan energi yang tinggi, berat yang ringan, dan kemampuan memberikan arus listrik yang stabil dalam periode waktu yang relatif lama. Kepadatan energi yang tinggi memungkinkan baterai LiPo untuk menyimpan lebih banyak energi dalam ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan jenis baterai isi ulang lainnya, seperti baterai NiMH atau baterai timbal-asam. Baterai LiPo terdiri dari satu atau lebih sel, dan setiap sel terdiri dari dua elektroda (anoda dan katoda) terpisah oleh elektrolit polimer. Desain polimer elektrolit memungkinkan baterai LiPo untuk dibentuk menjadi berbagai bentuk dan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi, sehingga sangat populer dalam perangkat elektronik yang membutuhkan desain yang ramping dan efisien. Dalam aplikasi elektronik modern, baterai LiPo sering digunakan dalam perangkat portabel seperti ponsel cerdas, tablet, perangkat game, dan drone. Karena kemampuannya untuk menyediakan daya yang tinggi dalam ukuran yang relatif kecil, baterai LiPo juga digunakan dalam industri Prototype RC (Remote Control), robotika, dan perangkat medis, serta dalam pengembangan kendaraan listrik dan perangkat wearable.



Gambar 15 Batrei LiPo

2.8 Software Arduino IDE

Software IDE (Integrated Development Environment) diperuntukan untuk mrngembangkan atau membuat algoritma program berbasis C++, melakukan pengecekan kesalahan, kompilasi, upload program, dan menguji hasil kerja arduino melalui serial monitor. (Arduino.CC, 2023)

```

1 void processGPS(){
2   if (gps.location.isValid()) {
3     currentLat = gps.location.lat();
4     currentLong = gps.location.lng();
5     speed_over_ground = gps.speed.kmph(); // KM/H
6     // update the course and distance to waypoint based on our new position
7     distanceToWaypoint();
8     courseToWaypoint();
9   }
10 }
11
12 int distanceToWaypoint(){
13   float delta = radians(currentLong - targetLong);
14   float sdlong = sin(delta);
15   float cdlong = cos(delta);
16   float lat1 = radians(currentLat);
17   float lat2 = radians(targetLat);
18   float slat1 = sin(lat1);
19   float clat1 = cos(lat1);
20   float slat2 = sin(lat2);
21   float clat2 = cos(lat2);
22   delta = (clat1 * slat2) - (slat1 * clat2 * cdlong);

```

Gambar 16 Visual Arduino IDE

Pada Gambar 16, Arduino IDE memiliki toolbars IDE yang memberikan akses instan ke fungsi fungsi yang penting, yaitu :

1. Tombol Verify, untuk mengkompilasi program yang saat ini dikerjakan
2. Tombol Upload, untuk mengkompilasi program dan mengupload ke papan arduino
3. Tombol New, menciptakan lembar kerja baru
4. Tombol Open, untuk membuka program yang ada di file sistem
5. Tombol Save, untuk menyimpan program yang dikerjakan
6. Tombol Stop, untuk menghentikan serial number yang sedang dijalankann