

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

*PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP
MANEUVERING*



GITA BAYU PRASOJO
NIT 22 363 08 2 069

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

*PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP
MANEUVERING*



GITA BAYU PRASOJO
NIT 22 363 08 2 069

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertPeneliti tangan di bawah ini :

Nama : GITA BAYU PRASOJO

Nomor Induk Taruna : 22 363 08 2 069

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 12 Januari 2026



GITA BAYU PRASOJO

PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Judul : ***PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING***

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Nama : Gita Bayu Prasajo

NIT : 22 363 08 2 069

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan*~~
Keterangan: *(coret yang tidak perlu)


Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 3 Februari 2026


Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

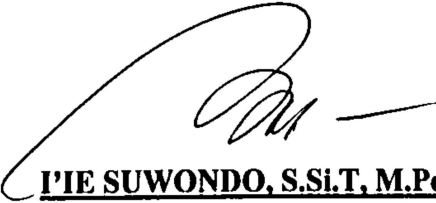


MUHAMAD IMAM FIRDAUS, S.S.T.Pel., M.M
Penata Tk. I (III/c)
NIP. 19901019 201402 1 004



FARIS NOFANDI, S.Si.T, M.Sc
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19841118 200812 1 003

Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



P'IE SUWONDO, S.Si.T, M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19770214 200912 1 001

PERSETUJUAN SEMINAR HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul Karya : ***PROTOTYPE VOICE RECOGNITION
ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING***
Nama Taruna : GITA BAYU PRASOJO
Nomor Induk Taruna : 22 363 08 2 069
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Surabaya, 12 Januari 2026

Penyusun,

Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II

MUHAMAD IMAM FIRDAUS, S.S.T.Pel., M.M

Penata Tk. I (III/c)
NIP. 19901019 201402 1 004

FARIS NOFANDI, S.Si.T, M.Sc

Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19841118 200812 1 003

Mengetahui,
Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya

I/E SUWONDO, S.Si.T, M.Pd.

Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19770214 200912 1 001

PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN

PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP

MANEUVERING

Disusun dan Diajukan Oleh :

GITA BAYU PRASOJO

NIT. 22 363 08 2 069

Ahli Nautika Pelayaran Tingkat II

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan

Pada Tanggal 12 Januari 2026


Menyetujui,


Penguji I

Penguji II

Penguji III



Capt. TRI HARYANTO, M.Mar
Penata (III/c)
NIP. 19731028 200212 1 007


MUHAMAD IMAM FIRDAUS, S.S.T.Pel., M.M
Penata Tk. I (III/c)
NIP. 19901019 201402 1 004


FARIS NOFANDI, S.Si.T, M.Sc
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19841118 200812 1 003

Mengetahui,

Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya


I'IE SUWONDO, S.Si.T, M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19770214 200912 1 001

PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN

PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP

MANEUVERING

Disusun dan Diajukan Oleh :

GITA BAYU PRASOJO

NIT. 22 363 08 2 069

Ahli Nautika Pelayaran Tingkat II

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan


Pada Tanggal 12 Januari 2026


Menyetujui,


Penguji I

Penguji II

Penguji III



Capt. TRI HARYANTO, M.Mar
Penata (III/c)
NIP. 19731028 200212 1 007


MUHAMAD IMAM FIRDAUS, S.S.T.Pel., M.M
Penata Tk. I (III/c)
NIP. 19901019 201402 1 004


FARIS NOFANDI, S.Si.T, M.Sc
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19841118 200812 1 003

Mengetahui,

Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya


PIE SUWONDO, S.Si.T, M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19770214 200912 1 001

ABSTRAK

GITA BAYU PRASOJO (2024), *PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING*. Dibimbing Oleh Bapak Muhamad Imam Firdaus, S.S.T.Pel., M.M Dan Bapak Faris Nofandi, S.Si.T, M.Sc

Penelitian ini mengembangkan *PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING* sebagai sistem alternatif pengendalian manuver kapal berbasis perintah suara. Inovasi ini dirancang untuk mendukung efisiensi penggunaan awak kapal serta mengadaptasi perkembangan teknologi otomasi maritim menuju era MASS (Maritime Autonomous Surface Ships). Sistem ini memanfaatkan modul DFRobot DF2301Q sebagai pengenali suara, servo MG996R sebagai aktuator kemudi dan throttle, potensiometer sebagai kendali manual tambahan, serta LED WS2812B sebagai indikator visual sudut manuver. Metode yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan tahapan perancangan, integrasi perangkat, uji statis, dan uji dinamis meliputi *alpha test* dan *beta test*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali *wake word* “MERATUS” dan 17 perintah navigasi secara akurat, serta mengonversinya menjadi gerakan servo yang stabil pada rentang sudut 35°–150°. LED indikator bekerja konsisten menampilkan status manuver berdasarkan perubahan sudut, sementara potensiometer memberikan pembacaan analog yang linear dan responsif. Secara keseluruhan, prototipe ini berhasil menunjukkan performa yang cepat, responsif, dan layak digunakan sebagai mode alternatif dalam manuver kapal. Sistem ini juga memberikan kontribusi signifikan terhadap inovasi teknologi maritim, khususnya dalam mendukung efisiensi awak dek dan kesiapan mengadopsi otomasi navigasi di masa depan.

Kata kunci : *Voice recognition, Steering System, Ship Maneuvering, Prototype, Maritime Technology.*

ABSTRACT

GITA BAYU PRASOJO (2024), *PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING*. Guide by Mr. Muhamad Imam Firdaus, S.S.T.Pel., M.M Dan Mr. Faris Nofandi, S.Si.T, M.Sc.

This research develops a PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING as an alternative ship steering system based on voice commands. The innovation aims to support crew efficiency and align with the advancement of maritime automation technology toward the MASS (Maritime Autonomous Surface Ships) era. The system incorporates the DFRobot DF2301Q voice recognition module, MG996R servo motors for steering and throttle actuation, a potentiometer for manual input, and WS2812B LEDs as visual maneuver indicators. The study applies the Research and Development (R&D) method, including design, hardware integration, static testing, and dynamic testing through alpha and beta evaluations. Test results indicate that the system successfully recognizes the wake word “MERATUS” and 17 navigation commands with high accuracy, converting them into stable servo movements within the 35°–150° range. The LED indicator consistently reflects maneuver status, while the potentiometer provides linear and responsive analog readings. Overall, the prototype demonstrates fast and reliable performance, making it a viable alternative mode for ship maneuvering. This system offers significant contributions to maritime technological innovation by improving deck crew efficiency and supporting readiness for future autonomous navigation systems.

Keywords : *Voice recognition, Steering System, Ship Maneuvering, Prototype, Maritime Technology.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang dengan memberikan ridhonya, dengan kesempatan ini peneliti dapat menyelesaikan tugas tugas akhir karya ilmiah terapan dengan judul :

”PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERNG”

Dalam kesempatan yang telah diberikan ini, saya menyampaikan terima kasih kepada pihak – pihak yang sudah terlibat dalam penyelesaian tugas akhir penelitian ini, dengan hormat :

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T, M.Mar. E. Yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal Bapak I’ie Suwondo, S.Si.T, M.Pd. yang telah memberikan bimbingan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Pembimbing I Muhamad Imam Firdaus, S.S.T.Pel., M.M yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi tugas akhir karya ilmiah terapan kepada peneliti.
4. Pembimbing II Bapak Faris Nofandi, S.Si.T, M.Sc yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi tugas akhir karya ilmiah terapan kepada peneliti.
5. Seluruh dosen di Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan peneliti.
6. Kedua orang tua saya yang telah mendukung penuh berupa moril maupun material serta do’a dalam penyelesaian tugas akhir karya ilmiah terapan ini.
7. Teman-teman saya yang telah memberikan dukungan serta do’a dan memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir karya ilmiah terapan ini.

Akhir kata peneliti berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi peneliti khususnya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

Surabaya, 12 Januari 2026



GHA BAYU PRASOJO
NIT 22 363 08 2 069

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK....	vii
ABSTRACT....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori.....	7
1. <i>Prototype</i> (Rancang Bangun).....	7
2. <i>Research and Development</i> (R&D)	8
3. <i>Autonomous Systems</i>	11

4. Olah Gerak	13
5. Voice Recognition Technology	15
6. Marine Labour Convention (MLC 2006).....	16
7. ESP32 DevKitC	17
8. Servo MG996R sebagai Aktuator Kemudi dan Throttle.....	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Perancangan Sistem	21
1. Jenis Penelitian.....	21
2. Gambaran Umum <i>Product</i>	21
3. Lokasi dan Waktu Penelitian	23
4. Identifikasi Kebutuhan	23
Sumber : Dokumen Pribadi (2025)	25
5. Desain Sistem Kerja.....	25
B. Perancangan Alat	28
1. Perancangan Alat Berdasarkan <i>Software</i>	28
2. Perancangan Alat Berdasarkan <i>Hardware</i>	29
C. Rencana Pengujian.....	33
1. Uji Statis.....	33
2. Uji Dinamis	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Hasil Penelitian	36
1. Uji Coba ESP32 DevKit	36
2. Uji Coba Servo MG996R.....	36
3. Uji Coba Potensiometer B 10K.....	38

4. Uji Coba LED Strip WS2812B	39
5. Uji Coba DFRobot DF2301	39
6. Perakitan Casing.....	40
B. Analisa Data Product.....	41
1. Pemrograman Komponen.....	41
2. Pengambilan Data	42
3. Analisis Product	44
C. Kajian Akhir Product	47
BAB V PENUTUP.....	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51

DAFTAR TABEL

Table 2.1 <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya.....	6
Table 3.1 Spesifikasi Komponen Elektronik.....	24
Table 3.2 Tabel Perintah Kemudi dan <i>Telegraph</i>	26
Table 3.3 Pin NodeMCU ESP32 dan DFRobot <i>Voice recognition</i>	30
Table 3.4 Pin NodeMCU ESP32 dan Potensio Meter B10K.....	30
Table 3.5 Pin NodeMCU ESP32 dan LED Strip RGB WS2812B.....	30
Table 3.6 Pin NodeMCU ESP32 dan Motor Servo.....	31
Tabel 4.1 Hasil <i>Alpha test</i>	42
Tabel 4.2 Hasil <i>Beta test</i>	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul DFRobot DF2301Q	15
Gambar 2.2	ESP32 DevKit C	18
Gambar 2.3	Motor Servo MG996R	20
Gambar 3.1	Blok Diagram	25
Gambar 3.2	<i>Wake Up Command Word Voice Recognition Activation</i>	26
Gambar 3.3	Akselerasi <i>Voice recognition Mode</i>	27
Gambar 3.4	Perancangan Pada <i>Software Fritzing</i>	28
Gambar 3.5	Pembuatan Program Pada <i>Software Arduino IDE</i>	28
Gambar 3.6	Perancangan Model Kerangka 3D	29
Gambar 3.7	Rangkaian Sirkuit Komponen Elektronik	30
Gambar 3.8	<i>Main PCB dan DFRobot Voice</i>	31
Gambar 3.9	Struktur Mekanisme <i>Steering Potentiometer dan Servo</i>	31
Gambar 3.10	Struktur Mekanisme <i>Telegraph dan Servo</i>	32
Gambar 3.11	<i>Finishing Design Navigation Desktop</i>	33
Gambar 4.1	Pengujian ESP32 DevKit	36
Gambar 4.2	Pengujian Servo MG996R	37
Gambar 4.3	Pembacaan Serial Monitor Servo Test	37
Gambar 4.4	Pemasangan Potentiometer B 10K	38
Gambar 4.5	Hasil Pengujian Potentiometer B 10K	38
Gambar 4.6	Hasil Pengujian LED Strip WS2812B	39
Gambar 4.7	Pengujian DFRobot DF2301	40
Gambar 4.8	Hasil Perakitan Casing Desktop Navigation	41
Gambar 4.9	Pemrograman Komponen <i>Receiver</i>	41
Gambar 4.10	Hasil Pemrograman Kedua Komponen	42
Gambar 4.11	Analisis Respon Penerimaan Suara	45
Gambar 4.12	Kinerja Servo	46

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomasi di sektor pelayaran global mengalami percepatan signifikan sejak *International Maritime Organization* (IMO) merumuskan kerangka dasar *Maritime Autonomous Surface Ship* (MASS). IMO mengklasifikasikan tingkat kemandirian kapal dalam empat level, mulai dari *decision support automation* hingga operasi penuh tanpa campur tangan manusia. Pada Tingkat 1, kapal masih diawaki pelaut, namun berbagai fungsi navigasi dan mesin telah mendukung pengambilan keputusan secara otomatis. Pada Tingkat 2, kapal dapat dikendalikan dari jarak jauh sementara pelaut masih berada di atas kapal. Tingkat 3 memungkinkan pengoperasian jarak jauh tanpa awak, sedangkan Tingkat 4 merepresentasikan otonomi penuh dimana sistem kapal mampu membuat keputusan dan bertindak secara mandiri tanpa campur tangan manusia. Keempat tingkat ini menggambarkan arah transformasi besar dunia pelayaran menuju otomasi dan digitalisasi navigasi.

Hasil pembahasan *Regulatory Scoping Exercise* (RSE) IMO yang diterbitkan melalui MSC.1/Circ.1638 pada 3 Juni 2021, menegaskan bahwa negara-negara anggota termasuk Indonesia harus mulai mempersiapkan sistem hukum, infrastruktur teknologi, dan kualitas SDM untuk menghadapi era MASS. MASS tidak hanya berdampak pada kebutuhan jumlah awak kapal, tetapi juga menuntut peningkatan kualitas kompetensi, terutama dalam penguasaan teknologi otomasi, *remote operation*, dan sistem navigasi cerdas.

Dalam konteks tersebut, institusi pendidikan pelayaran memiliki peran strategis untuk mencetak lulusan yang mampu bersaing pada era otomasi maritim. Tantangan Indonesia bukan hanya menghasilkan pelaut yang terampil secara konvensional, tetapi juga SDM yang memiliki kecakapan teknologi, adaptif, dan mampu mengoperasikan kapal dengan dukungan sistem otomatis. Dunia industri pelayaran semakin menuntut kemampuan operator untuk bekerja dengan teknologi seperti *decision support systems*, *remote assisted maneuvering*, hingga *voice assisted control*. Untuk dapat bersaing di tingkat ASEAN dan global, kesiapan terhadap teknologi MASS harus diimbangi dengan penelitian dan inovasi yang relevan di tingkat perguruan tinggi.

Penelitian dan pengembangan sistem *Ship Maneuvering Handling by Voice recognition Assistance* menjadi sangat relevan pada situasi ini. Otomasi perintah kemudi dan *telegraph* melalui pengenalan suara tidak hanya meningkatkan efisiensi tenaga kerja di atas kapal, tetapi juga menjadi representasi nyata dari teknologi pendukung MASS Tingkat 1, yaitu *automated processes with decision support*. Sistem ini dapat mengurangi beban tugas pelaut di anjungan saat manuver, memungkinkan bagian dari fungsi *Able Seaman* dialihkan ke sistem otomatis, sekaligus meningkatkan presisi eksekusi perintah. Dalam jangka panjang, teknologi seperti ini berfungsi sebagai langkah awal menuju pengendalian jarak jauh (Tingkat 2) maupun konsep *hybrid autonomous* yang kini menjadi tren riset global.

Dengan demikian, penelitian ini bukan sekadar pengembangan alat bantu navigasi, tetapi juga kontribusi nyata terhadap kesiapan Indonesia dalam menghadapi era otomasi maritim. Implementasi teknologi *voice recognition*,

integrasi sensor, aktuator, dan kontrol otomatis dalam konteks manuver kapal menjadi bukti bahwa inovasi dari lingkungan akademik dapat mendukung transformasi digital dunia pelayaran serta mempersiapkan SDM pelaut yang kompetitif di era MASS.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan pada penelitian **“PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING”** Rumusan masalah yang sudah diidentifikasi oleh peneliti dipaparkan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem kemudi kapal berbasis perintah suara (*steering by voice*) yang dapat mendukung proses manuver kapal?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem pengendalian kemudi berbasis voice command dengan perangkat elektronik yang tersedia sehingga dapat menjadi salah satu mode alternatif dari sistem kemudi yang ada?
3. Bagaimana penerapan sistem *steering by voice* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan awak deck pada saat manuver kapal?

C. Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian, peneliti memiliki beberapa tujuan yang telah di paparkan di atas. Tujuan penelitian tersebut antara lain adalah:

1. Merancang sistem kemudi kapal berbasis perintah suara (*steering by voice*) yang dapat mendukung proses manuver kapal

2. Mengintegrasikan sistem pengendalian kemudi berbasis *voice command* dengan perangkat elektronik yang tersedia sehingga dapat menjadi salah satu mode alternatif dari sistem kemudi yang ada
3. Penerapan *sistem steering by voice* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan awak deck pada saat manuver kapal

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang bisa diberikan kepada beberapa pihak yang berkaitan akan memberikan hasil yang signifikan sebagai bentuk kontribusi penting terhadap keilmuan pada dunia pelayaran sebagai sarana keselamatan. Selain itu memiliki implikasi yang signifikan bagi peneliti, pembaca, kru kapal, dan perusahaan pelayaran:

1. Aspek Teoritis
 - a. Menambah kajian ilmiah mengenai otomasi navigasi kapal, khususnya pada konsep MASS Level 1 yang menggabungkan kerja manusia dan sistem otomatis.
 - b. Memberikan dasar teori tentang integrasi teknologi pengenalan suara dengan sistem mekanis kapal, seperti *servo telegraph* dan kemudi.
 - c. Memperkaya literatur mengenai efisiensi operasional dalam manuver kapal melalui pengurangan beban kerja pelaut dengan bantuan sistem otomatis.
 - d. Mendukung pengembangan teori kesiapan SDM pelaut di era digitalisasi dan MASS, sehingga relevan bagi pendidikan pelayaran modern.

2. Aspek Praktis

- a. Meningkatkan efisiensi tenaga kerja dengan mengalihkan sebagian tugas AB di anjungan ke sistem *voice recognition*.
- b. Meningkatkan akurasi perintah manuver, karena perintah suara langsung dipetakan ke sudut servo yang konsisten.
- c. Menjadi prototipe awal pengembangan teknologi MASS di Indonesia, termasuk tahap *remote operation* atau otomasi lanjutan.
- d. Menjadi media pembelajaran bagi mahasiswa pelayaran untuk memahami teknologi otomasi dan sistem kontrol modern.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Tujuan *review* penelitian sebelumnya adalah untuk melihat perkembangan teknologi yang sudah ada, memahami metode dan hasil penelitian terdahulu, serta menemukan celah penelitian yang belum dikaji.

Table 2.1 *Review* Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbandingan Dengan Penelitian Peneliti
Irma Salamah, Michelle Valerie, Lindawati (2023) <i>Jurnal Nasional Teknik Elektro</i> , Vol 12 No 2	<i>Innovative Personal Assistance: Speech Recognition and NLP-Driven Robot Prototype</i>	Eksperimen, pembuatan prototipe robot berbasis Raspberry Pi dengan speech recognition & NLP	Robot mampu menerima perintah suara, konversi audio ke teks, mengambil gambar, dan menyimpan ke <i>Google Drive</i> . Akurasi tinggi (100% Indonesia, 99% Inggris).	Persamaan: Sama-sama memakai pengenalan suara untuk mengendalikan perangkat fisik. Perbedaan: Penelitian Peneliti mengendalikan sistem <i>maneuver</i> kapal (servo <i>telegraph & Steering</i>), bersifat navigasi maritime, tidak memakai NLP atau <i>cloud</i> . Lingkup penelitian peneliti lebih fokus pada otomasi navigasi/ <i>bridge system</i> kapal
Rina N. Mokodompit, Q.C. Kainde, F.I. Sangkop (2023) <i>JOINTER: Journal of Informatics Engineering</i> , Vol. 04 No. 01	Sistem Pengendali Perangkat Elektronik Melalui <i>Voice Assistant</i> Dengan Metode RAD	Metode Rapid Application Development (RAD) , perancangan IoT berbasis <i>Google Assistant</i>	Sistem mampu menghidupkan/mematikan lampu, kipas, dan dispenser melalui <i>voice assistant</i> . Waktu respon 1 detik. Juga dilengkapi ESP32-CAM untuk CCTV.	Persamaan: Sama-sama berbasis <i>voice command</i> dan kontrol perangkat elektronik. Perbedaan: Penelitian ini berbasis <i>cloud</i> dan IoT (<i>Google Assistant</i>), sedangkan Anda menggunakan <i>voice recognition offline</i> DF2301Q dengan kendali servo untuk manuver kapal. Fokus Anda bukan rumah pintar tetapi <i>ship maneuvering automation</i> .
Apriyanto, R. Sahirin, & S. Bradford (2024) <i>Journal of Computer Science Advancements</i> , Vol. 2(6)	<i>Implementation of Deep Learning in a Voice recognition System for Virtual Assistants</i>	Deep Learning (CNN + RNN), pelatihan pada data <i>multilingual & noisy</i>	Akurasi meningkat 25%, WER menurun, sistem lebih adaptif terhadap aksent & kebisingan	Persamaan: Sama-sama fokus pada peningkatan akurasi <i>voice command</i> . Perbedaan: Penelitian ini <i>software-based</i> , sementara penelitian saya <i>hardware-based</i> (servo <i>telegraph & steering</i>).
Kusmayadi, D. Kurniadi, & R. Setiawan (2024) <i>Jurnal Algoritma</i> , Vol. 21(2)	Aplikasi <i>Voice Assistant</i> pada <i>Smartwatch</i> Menggunakan <i>Open AI</i>	<i>Extreme Programming (XP)</i> , UML, <i>usability testing</i>	<i>Voice assistant</i> , mampu tanya-jawab, meningkatkan <i>perceived usefulness</i>	Persamaan: Sama-sama memakai <i>voice command</i> untuk efisiensi. Perbedaan: Fokus pada aplikasi <i>smartwatch</i> , bukan sistem kendali mekanis.

B. Landasan Teori

1. *Prototype* (Rancang Bangun)

Prototype adalah versi awal atau model percobaan dari sebuah produk atau desain yang dibuat untuk menguji konsep dan fungsi sebelum produk tersebut diproduksi secara penuh. Prototype membantu para desainer, pengembang, dan pemangku kepentingan untuk melihat, merasakan, dan mengevaluasi bagaimana produk tersebut akan bekerja di dunia nyata.

Dalam proses desain, prototype bisa berupa sketsa sederhana, mockup digital, simulasi interaktif, atau model fisik. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kekurangan, mendapatkan masukan pengguna, serta memastikan bahwa produk memenuhi kebutuhan dan ekspektasi sebelum diluncurkan ke pasar.

Prototype merupakan tahapan penting dalam pengembangan sistem rekayasa yang berfungsi sebagai representasi awal dari produk yang akan dikembangkan. Polydorou, Flint, dan Evans (2011) menyatakan bahwa prototype adalah artefak desain yang menggabungkan karakteristik utama dari produk akhir untuk memungkinkan pengujian konsep, fungsi, dan risiko teknis sebelum produksi skala penuh dilakukan. Prototype tidak hanya berfungsi sebagai model fisik, tetapi juga sebagai alat komunikasi ide antara perancang dan pengguna akhir.

Deiningger et al. (2017) menegaskan untuk sebagian besar bisnis yang mempunyai ide produk baru, tentu akan selalu ada riset dan juga pengembangan terlebih dulu. Awalnya, ide tersebut masih di dalam pikiran dan juga gambaran di atas kertas saja, tetapi sebelum diproduksi secara

massal, perusahaan akan membuat satu contoh atau yang biasanya disebut dengan prototype.

Kerap kali, di dalam proses pengembangan produk tersebut, salah satu langkah kuncinya yaitu membuat sampel ataupun prototype produk sebelum diproduksi. Prototype adalah bentuk draft kasar dari sebuah produk yang dibuat untuk menunjukkan dasar-dasar seperti apa produk tersebut nantinya. Kemudian, apa yang akan dilakukan oleh produk tersebut, dan bagaimana produk tersebut beroperasi.

2. *Research and Development (R&D)*

Research and development (RnD) adalah proses penting yang dilakukan oleh perusahaan, organisasi, atau institusi untuk mengembangkan pengetahuan baru dan menerapkannya untuk menciptakan produk, layanan, atau teknologi baru, atau untuk meningkatkan produk, layanan, atau teknologi yang sudah ada. Konsep RnD mencakup berbagai kegiatan ilmiah dan teknis yang bertujuan untuk memajukan pengetahuan dan menghasilkan inovasi yang dapat meningkatkan daya saing perusahaan atau organisasi di pasar.

Budiyanta (2023) menjelaskan bahwa penelitian R&D meliputi planning, designing, developing, testing, dan evaluation, sehingga setiap tahapan menghasilkan penyempurnaan berkelanjutan terhadap produk yang dikembangkan. Parafraza dari jurnal tersebut menjelaskan bahwa penelitian R&D harus berorientasi pada penciptaan produk yang fungsional, bermanfaat, dan terverifikasi melalui uji coba sistematis sebelum dinyatakan siap digunakan.

RnD (Research and Development) adalah proses penelitian dan pengembangan untuk memastikan produk atau layanan perusahaan teruji validitas dan kualitasnya sebelum dijual. RnD dilakukan ketika perusahaan akan merilis produk baru maupun akan mengembangkan produknya menjadi lebih baik. Beberapa perusahaan yang umumnya membutuhkan proses RnD antara lain farmasi, fashion, teknologi digital, otomotif, dan FMCG. Banyak perusahaan melakukan RnD dengan memberdayakan tim internalnya, tetapi ada pula yang melibatkan pihak ketiga, seperti universitas atau spesialis di bidang terkait. Berikut Fungsi RnD :

a. Riset Produk

Fungsi RnD yang pertama adalah melakukan riset produk. Beberapa kegiatan riset produk yang dilakukan dalam RnD adalah tes, survei, maupun penelitian-penelitian lain. Tujuan riset ini yaitu agar dapat menemukan manfaat, spesifikasi yang dibutuhkan, hingga efektivitas produk.

b. Riset Pasar

Fungsi RnD berikutnya adalah untuk riset pasar. Dalam riset pasar, tugas RnD adalah menemukan sejumlah informasi menarik terkait produk. Misalnya, biaya produk, jumlah, jenis kemasan, hingga bagaimana strategi untuk meningkatkan brand awareness.

c. Pengembangan Produk

Selanjutnya, RnD juga berfungsi untuk pengembangan produk. Melalui research and development, produk yang dikembangkan akan

menyesuaikan data dari penelitian. Dengan demikian, produk tersebut dapat memiliki manfaat sebagaimana yang dibutuhkan oleh konsumen.

d. Kontrol Kualitas

Fungsi RnD lainnya adalah untuk kontrol kualitas. Dengan RnD, produk yang dikembangkan bisa dipastikan telah memenuhi bahkan melampaui standar kualitas. Sebab, dalam RnD akan dilakukan pengujian kepada target konsumen di mana umpan balik yang diterima menjadi acuan untuk mengoptimalkan produk.

e. Pembaruan Produk

Tentunya, RnD adalah kegiatan yang berfungsi dalam pembaruan produk. Melalui research and development, produk akan diuji dan dianalisis untuk ditingkatkan. Pembaruan produk ini biasanya dilakukan dengan memahami umpan balik dari pelanggan, sambil menguji desain sesuai dengan solusi yang diusulkan.

Research and development terbagi ke dalam beberapa tipe yang membedakan bagaimana kegiatan ini dilaksanakan. Adapun beberapa jenis RnD di antaranya, yaitu:

a. Riset Mendasar

Jenis pertama RnD adalah riset mendasar. Riset ini berguna untuk memperoleh pengetahuan yang dapat dimanfaatkan dalam meningkatkan keuntungan bisnis. Pengetahuan yang diperoleh dari riset mendasar bisa menjadi landasan untuk proyek lanjutan RnD dan digunakan pada keputusan bisnis strategis.

b. Riset Terapan

Jenis RnD yang berikutnya adalah riset terapan. Tipe ini umumnya mengarah pada pengembangan. Dalam riset terapan, perusahaan biasanya menggunakan teknologi yang belum pernah ada, memasuki pasar baru, meningkatkan keamanan ataupun memangkas biaya.

c. Desain dan Pengembangan

Jenis RnD lainnya adalah desain dan pengembangan. Dalam tipe ini lebih ditujukan pada proses pengambilan ide dan penerapannya dalam proses maupun produk dan layanan.

3. *Autonomous Systems*

Autonomous system adalah sebuah sistem jaringan yang terdiri dari banyak sub-jaringan berbeda. *Autonomous system* sangat penting dalam distribusi jaringan global, yang tentunya terdiri dari banyak jenis dan kebijakan. Keberadaannya membuat semua jaringan dan organisasi dapat dikelola dengan lebih strategis.

Autonomous system berada di bawah pengelolaan satu badan, yang mana berbeda-beda pada setiap wilayah benua. Fungsi *autonomous system* terbukti mampu memberikan banyak manfaat bagi para pihak yang terlibat di dalamnya. Untuk lebih jelasnya, mari kita bahas semua hal tentang AS di artikel ini.

IMO and the Government of Norway co-organised the Symposium "Maritime Autonomous Surface Ships as a reality: the need for the IMO MASS Code". This event aimed to facilitate collaboration in developing the

IMO MASS Code, while showcasing relevant MASS industry projects, applications and operational experience.

The Symposium supported the development by IMO of a goal-based, non-mandatory MASS Code, in providing expert presentations on the latest research and development in maritime autonomous systems, along with insights from successful MASS trials. The event took place on 17 June 2025, at IMO Headquarters in London.

Dokumen MSC.1/Circ.1638 yang diterbitkan oleh International Maritime Organization (IMO) merupakan hasil resmi dari Regulatory Scoping Exercise (RSE) yang dilakukan oleh Maritime Safety Committee (MSC) untuk menilai kesiapan dan kecukupan kerangka regulasi internasional terhadap pengoperasian Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). RSE ini bertujuan mengidentifikasi sejauh mana instrumen hukum maritim yang berlaku—seperti SOLAS, COLREG, STCW, Load Lines Convention, dan instrumen keselamatan lainnya—dapat diterapkan pada kapal dengan berbagai tingkat autonomi, serta untuk menemukan potensi celah regulasi yang dapat menghambat implementasi MASS secara aman dan sah (International Maritime Organization [IMO], 2021).

Hasil Regulatory Scoping Exercise (RSE) yang dirangkum dalam MSC.1/Circ.1638 menunjukkan bahwa sebagian besar regulasi IMO saat ini masih berasumsi adanya keterlibatan awak kapal secara fisik di atas kapal, khususnya dalam aspek navigasi, pengawasan jaga (*watchkeeping*), pengendalian kemudi, penanganan keadaan darurat, serta tanggung jawab hukum nakhoda. IMO mengklasifikasikan ketentuan regulasi tersebut ke

dalam empat kategori, yaitu ketentuan yang masih dapat diterapkan tanpa perubahan, ketentuan yang memerlukan interpretasi atau klarifikasi, ketentuan yang memerlukan amandemen, dan ketentuan yang tidak relevan untuk MASS. Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan teknologi otonom di sektor maritim tidak hanya menuntut inovasi teknis, tetapi juga adaptasi regulasi yang komprehensif dan terstruktur (IMO, 2021).

Selain itu, MSC.1/Circ.1638 secara eksplisit mengadopsi pembagian empat tingkat autonomi MASS, mulai dari kapal dengan sistem otomatis pendukung keputusan hingga kapal yang sepenuhnya otonom tanpa awak di atas kapal. Klasifikasi ini menjadi fondasi penting dalam pengembangan kerangka regulasi berbasis fungsi (*goal-based regulation*), karena setiap tingkat autonomi memiliki implikasi yang berbeda terhadap keselamatan navigasi, tanggung jawab operasional, dan desain sistem kendali kapal. Dengan demikian, dokumen ini menempatkan sistem kendali alternatif—termasuk pengendalian berbasis suara—sebagai bagian dari evolusi teknologi yang perlu diuji dan divalidasi secara bertahap dalam konteks keselamatan maritim internasional (IMO, 2021).

4. Olah Gerak

Olah gerak kapal didefinisikan sebagai "ilmu dan seni mengendalikan enam derajat kebebasan kapal (*surge, sway, heave, roll, pitch, yaw*) melalui interaksi *hydrodynamic* lambung-rudder-propeller-thruster guna mencapai trajectory presisi di bawah pengaruh *environmental forces*" (Fossen, 2011; IMO MSC.1/Circ.1053). Fungsi utama meliputi: berbelok (*turning diameter* $\leq 5L$, *advance* $\leq 4.5L$), zig-zag test (1st overshoot $\leq 16^\circ$, 2nd $\leq 8.5^\circ$), spiral

test (stabilitas directional), stopping test (head reach $\leq 15L$ untuk kapal panjang), dan parallel course change, dievaluasi saat sea trials post-construction.

Di Indonesia, olah gerak memerlukan Surat Persetujuan Olah Gerak (SPOG) dari otoritas pelabuhan sesuai Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 6/2018, mencakup simulasi CFD sebelum trial untuk prediksi tackler time, yaw rate, dan squat effect. Faktor pengaruh: block coefficient (C_b), service speed ($F_n < 0.25$), windage area, current up to 4kn, trim/draft ratio; instrumen pengukur: GPS differential, gyrocompass, Doppler log, anemometer; prosedur: circle test ($35^\circ/30^\circ$ rudder), Williamson turn, crash stop. Standar IMO memastikan 95% kapal memenuhi kriteria untuk keselamatan berlabuh/menghindar collision avoidance.

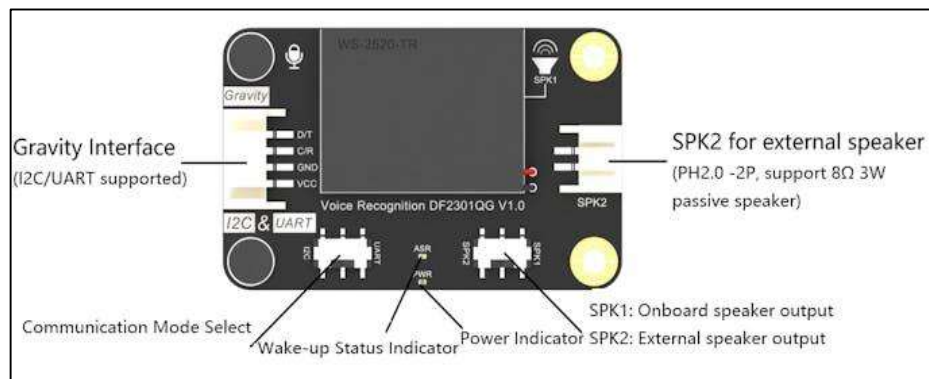
Olah gerak kapal adalah serangkaian kegiatan bernavigasi kapal yang membantu menggerakkan kapal secara aman dan efisien di laut atau di pelabuhan. Menurut Djoko Subandrijo (2011:1), pengertian dari teori olah gerak dan pengendalian kapal adalah merupakan hal yang penting untuk memahami beberapa gaya yang mempengaruhi kapal dalam gerakannya. Jadi untuk dapat mengolah gerak kapal dengan baik maka terlebih dahulu harus mengetahui sifat-sifat kapal, dan bagaimana gerakannya pada waktu mengolah gerak yang tertentu dan mempelajari. Setelah itu barulah kita mengambil kesimpulan mengenai sifat-sifatnya kapal.

Faktor – faktor yang mempengaruhi olah gerak kapal yaitu faktor yang berasal dari dalam kapal dan faktor yang berasal dari luar kapal. Faktor internal terdiri dari faktor yang bersifat tetap yaitu bentuk kapal, macam dan

kekuatan mesin, jumlah, posisi dan jenis baling-baling kapal, type, ukuran dan jumlah daun kemudi sedangkan faktor yang bersifat tidak tetap yaitudraft kapal, trim kapal, kondisi stabilitas kapal, dan teritip menempel di lambung kapal. Faktor eksternal yaitu dari keadaan disekitar perairan.

5. Voice Recognition Technology

Voice recognition atau Automatic Speech Recognition (ASR) adalah teknologi yang memungkinkan sistem komputer mengenali ucapan manusia dan mengubahnya menjadi perintah atau data digital. Rabiner dan Juang (1993) menjelaskan bahwa ASR bekerja melalui tahapan analisis akustik, pemodelan fonetik, dan pemodelan bahasa untuk menghasilkan pengenalan kata yang akurat.



Gambar 2.1 Modul DFRobot DF2301Q

Sumber : <https://community.dfrobot.com/makelog-314952.html> (Diakses pada tanggal 5 September 2025 Pukul 13.48 WIB)

Modul DFRobot DF2301Q merupakan perangkat voice recognition offline yang dirancang untuk aplikasi embedded system. Modul ini mampu mengenali perintah suara tanpa koneksi internet dan memiliki fitur wake word untuk mengaktifkan sistem. Alasan pemilihan DF2301Q dalam penelitian ini adalah keandalannya dalam lingkungan terbatas seperti kapal, di mana konektivitas internet tidak selalu tersedia. Modul ini menjadi inti

dari prototype steering by voice karena memungkinkan nahkoda memberikan perintah kemudi secara langsung melalui suara.

Voice recognition is a computer technology that recognizes and converts speech signals into editable text or operational commands through analysis. It allows people to interact with computers by speaking without using a mouse, keyboard, or other input devices. Voice recognition technology has been widely used in applications such as voice assistants, smart homes, voice search, and voice recognition notebooks.

This Gravity: Offline Voice Recognition Sensor is built around an offline voice recognition chip, which can be directly used without an internet connection. It comes with 121 built-in fixed command words and supports the addition of 17 custom command words. Meanwhile, this voice recognition module compatibility with multiple common controllers enables it to provide a flexible solution for makers and electronics enthusiasts in terms of voice interaction. It can be applied to any application that requires voice control or interaction, such as various smart home appliances, toys, lighting fixtures, and robotics projects, among others.

6. Marine Labour Convention (MLC 2006)

Maritime Labour Convention (MLC) 2006 adalah konvensi yang diselenggarakan oleh International Labour Organization (ILO) pada tahun 2006 di Genewa, Swiss. MLC 2006 bertujuan untuk memastikan hak-hak para pelaut di seluruh dunia dilindungi dan memberikan standar pedoman bagi setiap negara dan pemilik kapal untuk menyediakan lingkungan kerja yang nyaman bagi pelaut. Ini dilakukan karena pelaut bekerja lintas negara

sehingga perlu diatur suatu standar bekerja yang berlaku secara internasional. MLC 2006 pada mulanya hanya bersifat anjuran untuk diterapkan oleh semua pihak yang berkaitan dengan pekerjaan di dunia maritim. Namun, per 20 Agustus 2013, standar MLC 2006 mulai diwajibkan untuk diterapkan meskipun sayangnya sampai saat ini Indonesia belum meratifikasi MLC 2006.

The Maritime Labour Convention, 2006, as amended, (MLC, 2006), was adopted by the 94th (Maritime) Session of the International Labour Conference (ILC) on 23 February 2006. This Convention revises and consolidates 37 existing Conventions and the related Recommendations. The MLC, 2006, uses a new format with some updating, where necessary, to reflect modern conditions and language. In this manner, it sets out, in a single instrument, the right of the world's 1.5 million seafarers to decent conditions of work in almost every aspect of their working and living conditions, including minimum age, employment agreements, hours of work and rest, payment of wages, paid annual leave, repatriation, on board medical care, the use of recruitment and placement services, accommodation, food and catering, health and safety protection and accident prevention, and complaint procedures for seafarers.

7. ESP32 DevKitC

ESP32 adalah mikrokontroler yang sangat populer yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini memiliki sejumlah fitur yang kuat dan serbaguna, menjadikannya pilihan yang baik untuk berbagai proyek elektronik, termasuk Internet of Things (IoT).

BT 4.2/BLE (NI 10.1); peripheral: 34 GPIO (18ch 12-bit SAR ADC, 2ch 8-bit DAC, 10 touch, 16ch 12-bit PWM LEDC, 2xI2C, 2xSPI, 3xUART, CAN2.0, RMT IR); analog: Hall sensor, capacitive touch, temperature sensor internal.

Dalam penelitian ini, ESP32 DevKitC berperan sebagai inti kendali digital yang memproses data dari modul DF2301Q dan mengirimkan sinyal PWM ke servo MG996R. Fungsi ADC (Analog-to-Digital Converter) pada ESP32 digunakan untuk membaca potensiometer yang mewakili sudut pitch pada sistem. Kecepatan clock hingga 240 MHz memungkinkan ESP32 untuk mengeksekusi perintah suara menjadi gerakan mekanis dalam waktu sangat singkat, suatu hal yang krusial saat kapal sedang bermanuver. Kemampuan multi-tasking dari *dual core* ESP32 juga mempermudah sinkronisasi antara voice command, servo kontrol, dan LED indikator secara paralel tanpa terjadi *lag*.

8. Servo MG996R sebagai Aktuator Kemudi dan Throttle

Motor servo merupakan perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol feedback loop tertutup (close loop), sehingga dapat memastikan dan menentukan posisi sudut dari poros output motor. Daya yang dimiliki motor servo bervariasi, mulai beberapa watt sampai ratusan watt. Motor servo digunakan untuk berbagai keperluan seperti sistem pelacakan, peralatan mesin dan lain sebagainya. Motor servo dibagi menjadi dua, yaitu motor serco AC dan DC.

Servo MG996R merupakan servo torsi tinggi (*high-torque servo*) yang sering digunakan pada aplikasi robotik dan mekanik berat. Servo ini

mampu menghasilkan torsi hingga 9–11 kg/cm dengan sudut gerak 0–180 derajat. Menurut studi kontrol servo oleh Nenden (2021), servo mekanis seperti MG996R memiliki akurasi posisi yang bergantung pada stabilitas sinyal PWM dan kualitas catu daya.

Kecepatan dan kekuatan servo MG996R memungkinkan penggerak mekanis bergerak halus tanpa goyangan meskipun diberi perintah berulang atau perubahan mendadak.



Gambar 2.3 Motor Servo MG996R

Sumber : <https://esprtk.com/shop-esprtk-firmware-3xx/> (Diakses pada tanggal 14 November 2025 Pukul 20.54 WIB)

Servo motor atau motor servo adalah perangkat elektromekanis yang dirancang menggunakan sistem kontrol jenis loop tertutup (servo) sebagai penggerak dalam sebuah rangkaian yang menghasilkan torsi dan kecepatan yang berdasarkan arus listrik dan tegangan yang ada.

Sederhananya motor servo ini perangkat listrik mandiri yang dapat mendorong, memutar objek dengan presisi tinggi. Jika ingin memutar suatu objek pada beberapa sudut atau jarak tertentu, maka bisa menggunakan motor servo.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk baru berupa sistem kemudi kapal berbasis perintah suara (*Steering by Voice*). Metode R&D dipilih karena sesuai untuk proses penelitian yang berorientasi pada penciptaan, pengembangan, dan pengujian produk maritim inovatif. Tahapan penelitian meliputi identifikasi permasalahan di lapangan melalui pengalaman praktik berlayar, analisis kebutuhan, perancangan desain sistem, pembuatan prototipe, serta pengujian fungsional prototipe pada skala laboratorium.

2. Gambaran Umum *Product*

Produk ini merupakan sebuah prototipe sistem kendali manuver kapal berbasis perintah suara yang dirancang untuk mendukung proses navigasi dan operasi di anjungan (*bridge*) dengan lebih efisien. Sistem ini mengintegrasikan teknologi *voice recognition offline*, mikrokontroler ESP32, servo mekanis, dan indikator LED untuk mensimulasikan pengoperasian *telegraph* mesin serta kemudi kapal secara otomatis melalui instruksi verbal dari pengguna.

Secara fungsional, prototipe ini bekerja dengan menerima perintah suara tertentu melalui modul DFRobot DF2301Q, yang kemudian

menerjemahkan perintah tersebut menjadi *Command ID*. *Command ID* ini diproses oleh ESP32 untuk memetakan sudut gerak servo, baik servo *telegraph* maupun servo *steering*, sehingga menghasilkan gerakan mekanis yang mewakili posisi mesin (*Ahead/Astern*) dan sudut kemudi kapal. Dengan demikian, setiap perintah manuver seperti “*Dead Slow Ahead*”, “*Port Ten*”, atau “*Hard to Starboard*” dapat diwujudkan melalui pergerakan servo secara otomatis dan konsisten.

Untuk memberikan umpan balik visual yang cepat, sistem dilengkapi dengan LED strip WS2812B yang menunjukkan posisi operasional *telegraph* berdasarkan sudut servo *telegraph*. LED berwarna hijau menunjukkan rentang *Ahead*, LED kuning menunjukkan posisi tengah (*Stop*), dan LED merah menandakan rentang *Astern*. Umpan balik visual ini membuat pengguna dapat memverifikasi bahwa sistem telah menerima dan mengeksekusi perintah suara secara benar.

Produk ini juga dilengkapi dengan sebuah potensiometer yang mewakili input manual *heading* control, sehingga operator dapat mengatur sudut servo *heading* secara presisi. Hal ini menjadi ilustrasi bagaimana sistem tetap menyediakan kontrol manual sebagai cadangan (*redundancy*), sesuai prinsip keselamatan kerja di dunia maritim.

Secara keseluruhan, prototipe ini merepresentasikan implementasi awal dari konsep *Maritime Autonomous Surface Ships* (MASS) Level 1, di mana otomasi mulai berperan sebagai pendukung pengambilan keputusan dan bantuan operasional. Dengan adanya sistem ini, tugas *Able Seaman* di anjungan dapat dialihkan atau dikurangi, sehingga meningkatkan efisiensi

tenaga kerja, mengurangi risiko kesalahan manusia, dan mempercepat respons manuver. Produk ini tidak hanya berfungsi sebagai model pembelajaran, tetapi juga menjadi fondasi teknologi untuk pengembangan sistem pengendalian kapal berbasis otomatisasi dan perintah suara di masa depan.

3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan oleh seorang taruna sebagai mahasiswa yang melaksanakan PraLa (Praktik Laut) atau biasa disebut dengan magang atau praktik kerja lapangan, dalam pelaksanaan Prala ini peneliti akan bergabung sebagai cadet di suatu kapal MV. Meratus Semarang selama 12 bulan dan di kapal tersebut penelitian dilakukan. Setelah melaksanakan Prala, peneliti juga melaksanakan perancangan model rancang bangun di kampus Politeknik Pelayaran Surabaya kurang lebih selama 2 bulan.

4. Identifikasi Kebutuhan

Sebelum memulai perancangan alat, peneliti melakukan identifikasi pada kebutuhan komponen yang akan digunakan baik dalam bentuk *software* seperti aplikasi perancangan alat maupun *hardware* seperti bentuk fisik dari komponen itu sendiri.

Software atau Perangkat Lunak, kebutuhan software atau perangkat lunak dalam pembuatan rancang bangun *voice recognition assistance for ship* yakni sebagai berikut :

- a. *Fritzing*, merupakan *software* atau perangkat lunak yang digunakan untuk membuat desain alur pin pada komponen elektronik seperti pin

I/O ESP32 dan komponen lainnya (Modul DF2301Q, Servo, Potensiometer).

- b. *ESP32 DevKit IDE*, merupakan *software* atau perangkat lunak yang digunakan untuk membuat suatu program dan melakukan pemrograman pada *microcontroller* yang bersifat *open source* seperti halnya ESP32.
- c. *Catia V5R20*, merupakan *software* atau perangkat lunak yang digunakan untuk proses desain dalam pembuatan *cover product* yang nantinya desain ini bisa dicetak melalui proses *3D Printing* secara realistis.

Hardware atau Perangkat Keras, kebutuhan *hardware* atau perangkat keras dalam pembuatan rancang bangun *Voice recognition Assistances Ship* yakni sebagai berikut :

Table 3.1 Spesifikasi Komponen Elektronik

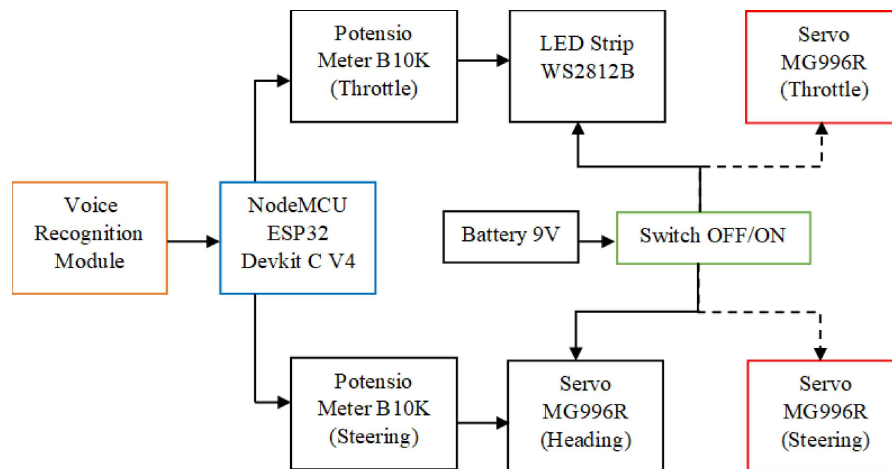
Komponen	Karakteristik Kelistrikan	Fungsi
ESP32 DevKitC V4	Tegangan logika 3.3V; input USB 5V; konsumsi tipikal 80-240mA (puncak lebih tinggi saat Wi-Fi); I2C <i>default</i> SDA 21, SCL 22	Mikrokontroler utama untuk memproses perintah suara, membaca potensiometer, serta mengendalikan servo dan LED strip.
DFRobot Voice recognition (DF2301Q)	Catu 3.3-5 V; antarmuka I ² C (alamat default 0x64) atau UART (115200 bps); konsumsi arus rendah (<50 mA); mikrofon terintegrasi.	Modul pengenalan suara offline untuk memberikan ID perintah kepada ESP32, yang kemudian diterjemahkan ke gerakan servo.
Servo Telegraph (RC standard)	Tegangan kerja 4.8-6.6 V; arus puncak 0.6-2.5 A; sinyal PWM 50-60 Hz dengan lebar pulsa 1-2 ms (0-180°).	Aktuator yang mewakili kendali <i>telegraph/telegraph</i> kapal berdasarkan perintah suara.
Servo Steering (RC standard)	Tegangan kerja 4.8-6.6 V; arus puncak 0.6-2.5 A; PWM 1-2 ms 50-60 Hz.	Aktuator kemudi kapal yang digerakkan berdasarkan perintah suara (midship, port, starboard).
Servo Heading (RC standard)	Tegangan kerja 4.8-6.6 V; arus puncak 0.6-2.5 A; PWM 1-2 ms 50-60 Hz.	Aktuator sudut <i>heading</i> yang dikendalikan secara manual melalui potensiometer.
LED Strip WS2812B (9 LED)	Tegangan 5 V; arus maksimum per LED ~60 mA (putih penuh) → total hingga ~540 mA; protokol	Indikator visual berbasis segmen, hanya 1 LED menyala sesuai kisaran nilai potensiometer.

Komponen	Karakteristik Kelistrikan	Fungsi
	data 800 kHz; logika ideal 5 V (3.3 V kadang cukup).	
Potensiometer Servo (10 kΩ)	Tegangan input 3.3 V; wiper menghasilkan tegangan analog 0–3.3 V yang dibaca ADC ESP32.	Mengatur sudut servo <i>Heading</i> dari 0–180°.
Potensiometer LED (10 kΩ)	Tegangan input 3.3 V; wiper menghasilkan tegangan analog 0–3.3 V.	Mengatur segmen aktif pada LED strip (1 dari 9 LED menyala).
Catu daya eksternal 5 V	Output 5 V stabil minimal 3 A; ripple rendah; ground disatukan dengan ESP32.	Memberi daya untuk servo dan LED strip agar tidak membebani regulator ESP32.
Kabel, konektor, kapasitor & resistor pelindung	Kabel sesuai arus beban; resistor seri 330–470 Ω pada jalur data LED; kapasitor elektrolit 470–1000 μ F pada 5 V.	Menjaga stabilitas suplai daya dan kualitas sinyal data, sekaligus melindungi sistem dari lonjakan arus.

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

5. Desain Sistem Kerja

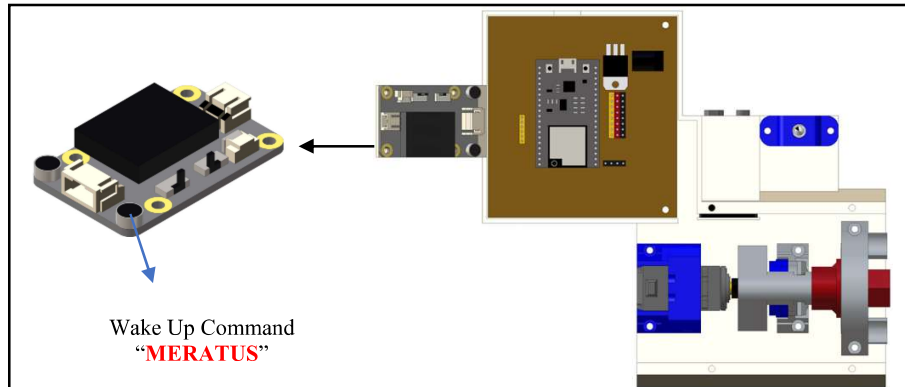
Desain sistem kerja akan menjelaskan bagaimana rancang bangun ini bekerja pada suatu sistem dan akan dipaparkan sesuai alur fungsi dari setiap komponen yang digunakan, desain sistem kerja ini mengarahkan pembaca untuk memahami *flowchart* (bagan alur) cara kerja dari rancang bangun ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Pada mode *voice recognition*, setiap perintah suara yang diucapkan nahkoda akan diubah menjadi sebuah *Command ID* (CMDID) oleh modul DF2301Q.



Gambar 3.2 *Wake Up Command Word Voice Recognition Activation*
Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Sebelum memberikan perintah manuver, nahkoda terlebih dahulu harus mengucapkan kata kunci “MERATUS” sebagai wake word. Kata kunci ini berfungsi sebagai pemicu (*wake-up mode*) agar modul DF2301Q siap menerima perintah selanjutnya. Setelah wake word terdeteksi, modul akan masuk ke kondisi aktif selama waktu tertentu (*wake time*), misalnya 20 detik, sehingga seluruh perintah yang diucapkan selama periode ini akan dikenali sebagai instruksi manuver. Jika *wake time* habis, sistem kembali ke mode siaga dan menunggu *wake word* diucapkan kembali.

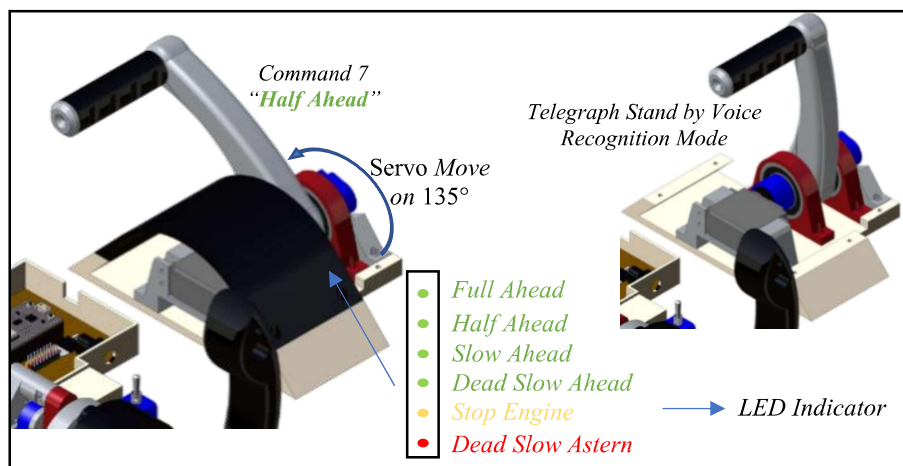
Untuk perintah mesin, sistem mengenali delapan CMDID yang mewakili kecepatan maju maupun mundur :

Table 3.2 Tabel Perintah Kemudi dan *Telegraph*

CMDID	Perintah (EN)	Perintah (ID)	Servo <i>Telegraph</i> & <i>Steering</i>
5	Dead Slow Ahead	Maju Pelan Sekali	<i>Telegraph</i> → 105°
6	Slow Ahead	Maju Pelan	<i>Telegraph</i> → 120°
7	Half Ahead	Maju Setengah	<i>Telegraph</i> → 135°
8	Full Ahead	Maju Penuh	<i>Telegraph</i> → 150°
9	Stop Engine	Stop Mesin	<i>Telegraph</i> → 90°
10	Dead Slow Astern	Mundur Pelan Sekali	<i>Telegraph</i> → 75°
11	Slow Astern	Mundur Pelan	<i>Telegraph</i> → 60°

CMDID	Perintah (EN)	Perintah (ID)	Servo <i>Telegraph & Steering</i>
12	Half Astern	Mundur Setengah	<i>Telegraph</i> → 45°
13	Full Astern	Mundur Penuh	<i>Telegraph</i> → 35°
14	Mid Ship	Tengah-Tengah	<i>Steering</i> → 90°
15	Steady As She Goes	Pertahankan	(opsional: tahan posisi saat ini)
16	Port Five	Kiri Lima	<i>Steering</i> → 110°
17	Port Ten	Kiri Sepuluh	<i>Steering</i> → 130°
18	Hard to Port	Cakar Kiri	<i>Steering</i> → 175°
19	Starboard Five	Kanan Lima	<i>Steering</i> → 70°
20	Starboard Ten	Kanan Sepuluh	<i>Steering</i> → 50°
21	Hard to Starboard	Cakar Kanan	<i>Steering</i> → 15°

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)



Gambar 3.3 Akselerasi *Voice recognition Mode*

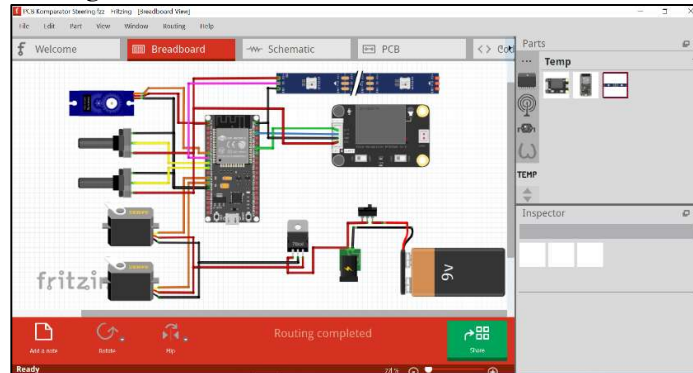
Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Setiap perintah yang dijalankan ditampilkan di Serial Monitor dan diperkuat dengan LED strip WS2812B yang menyala sesuai sudut servo *telegraph*, sehingga nahkoda maupun pengamat dapat memastikan bahwa perintah telah diterima dan dilaksanakan. Dengan mekanisme ini, sistem *Voice recognition Mode* tidak hanya mendukung efisiensi tenaga kerja dengan mengurangi kebutuhan seorang AB di anjungan, tetapi juga menambah tingkat keselamatan karena mengurangi potensi miskomunikasi antar kru.

B. Perancangan Alat

1. Perancangan Alat Berdasarkan *Software*

a. *Fritzing*

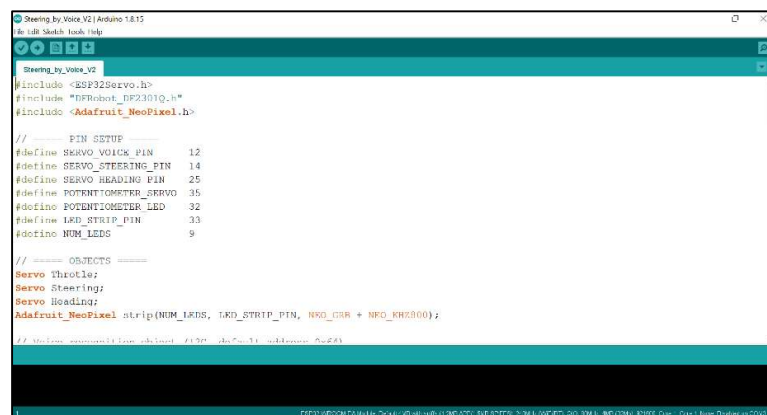


Gambar 3.4 Perancangan Pada *Software Fritzing*

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Sebelum memulai perakitan maka perancangan perlu dilakukan dan awal dari perancangan tersebut terdapat pada komponen elektronik, perancangan alur pin digital atau analog *input* dan *output* bisa dirancang menggunakan *software fritzing*.

b. *Arduino IDE*



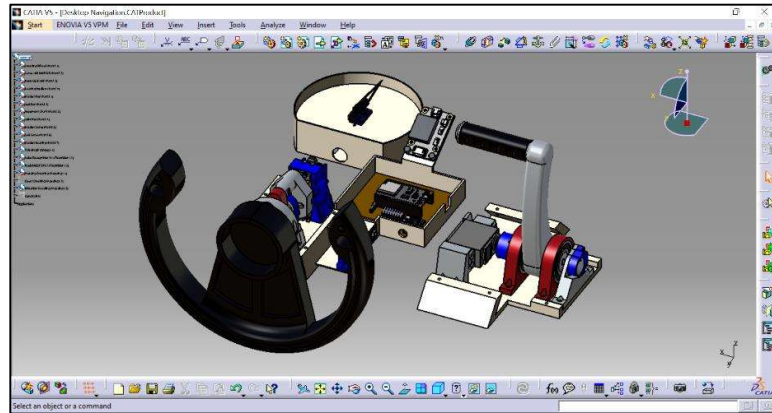
Gambar 3.5 Pembuatan Program Pada *Software Arduino IDE*

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Rancang bangun yang modern bersifat *open source* apabila perangkat yang digunakan adalah komponen *microcontroller* seperti halnya ESP32 DevKit. Dengan demikian program sangat diperlukan

agar komponen bisa terhubung dengan komponen pendukung lain dan bisa bekerja sesuai dengan yang kita inginkan.

c. *Catia V5R20*



Gambar 3.6 Perancangan Model Kerangka 3D

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

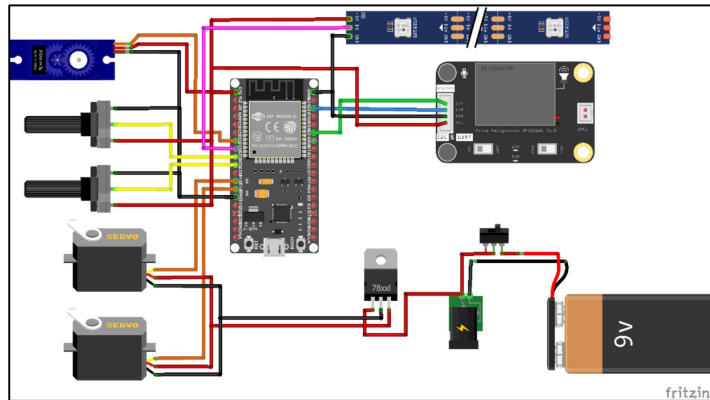
Merancang suatu *prototype* tentunya perlu desain visual yang nantinya memiliki bentuk yang sesuai dengan apa yang kita inginkan, oleh sebab itu *software Catia V5R20* memiliki peran dalam membuat suatu bentuk 3D secara virtual agar nantinya komponen elektronik bisa terlindungi pada suatu kerangka yang di desain secara digital. Langkah berikutnya setelah desain sudah selesai maka bisa dilakukan untuk percetakan secara 3D pada *printing* khusus.

2. Perancangan Alat Berdasarkan *Hardware*

a. Rangkaian Komponen Elektronik

Pembuatan suatu rancang bangun tentunya membutuhkan persiapan melalui perancangan yang matang, berdasarkan komponen *hardware* atau komponen fisik tentunya perlu diperhatikan khususnya pada komponen elektroniknya. Penentuan alur pin *digital* sangat diperhatikan agar tidak salah dalam menghubungkan antar komponen

karena pada ESP32 DevKit tentunya setiap pin I/O memiliki fungsinya masing-masing dan hal ini akan di sesuaikan pada pin komponen yang akan terhubung pada ESP32 DevKit seperti Servo, Potentiometer, LED strip WS2812B, dan Modul DF2301Q.



Gambar 3.7 Rangkaian Sirkuit Komponen Elektronik
Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Berikut merupakan tabel list komponen sesuai gambar dan pin *digital* atau *analog* I/O yang terhubung pada masing-masing komponen.

Table 3.3 Pin NodeMCU ESP32 dan DFRobot *Voice recognition*

NodeMCU ESP32	DFRobot <i>Voice recognition</i>
21	SDA
22	SCL
GND	GND
3.3V	VCC

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Table 3.4 Pin NodeMCU ESP32 dan Potensio Meter B10K

NodeMCU ESP32	Potensio Meter B10K
26	Signal Pin Pot (<i>Telegraph</i>)
25	Signal Pin Pot (<i>Steering</i>)
GND	GND
3.3V	3.3V

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Table 3.5 Pin NodeMCU ESP32 dan LED Strip RGB WS2812B

NodeMCU ESP32	LED Strip RGB WS2812B
33	Signal Pin
GND	GND
3.3V	VCC

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

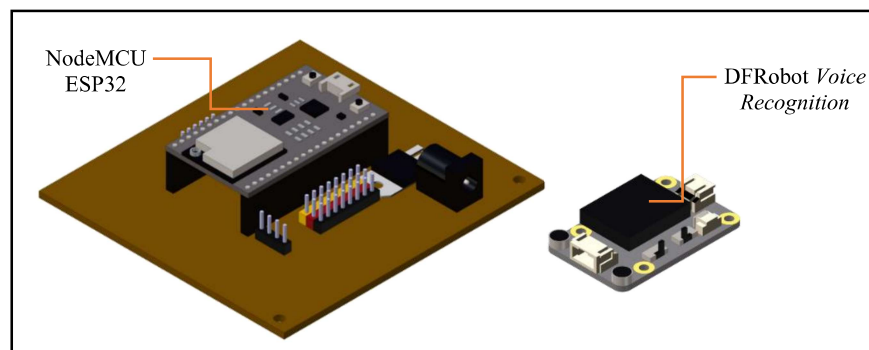
Table 3.6 Pin NodeMCU ESP32 dan Motor Servo

NodeMCU ESP32	Motor Servo	Battery 9V
12	Servo <i>Telegraph</i>	-
14	Servo <i>Steering</i>	-
32	Servo <i>Heading</i>	-
GND	GND	GND
3.3V	VCC (Servo <i>Heading</i>)	-
-	VCC (Servo <i>Telegraph & Steering</i>)	9V

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

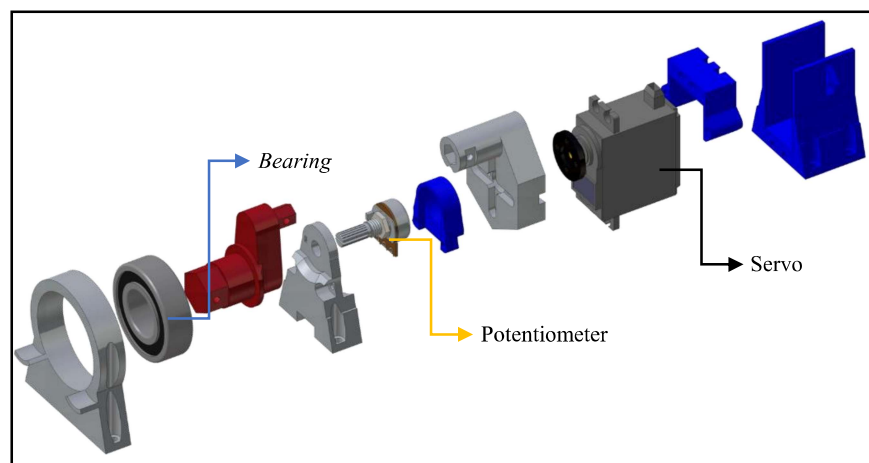
b. Model Kerangka Alat

Rancang bangun pendeteksi kebocoran listrik di desain menggunakan *software* 3D *Catia* V5R20 yang nantinya desain ini dibuat serealistis mungkin dan sama persis dengan aslinya ketika sudah dicetak.



Gambar 3.8 *Main PCB* dan *DFRobot Voice*

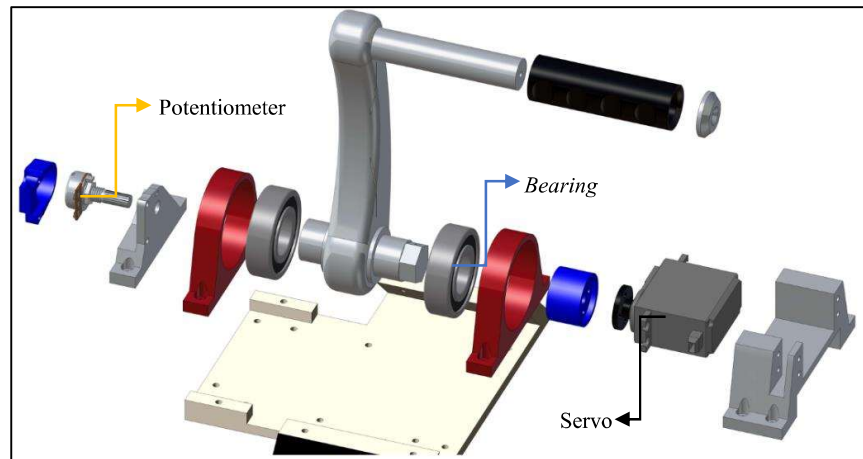
Sumber : Dokumen Pribadi (2025)



Gambar 3.9 Struktur Mekanisme *Steering Potentiometer* dan *Servo*

Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

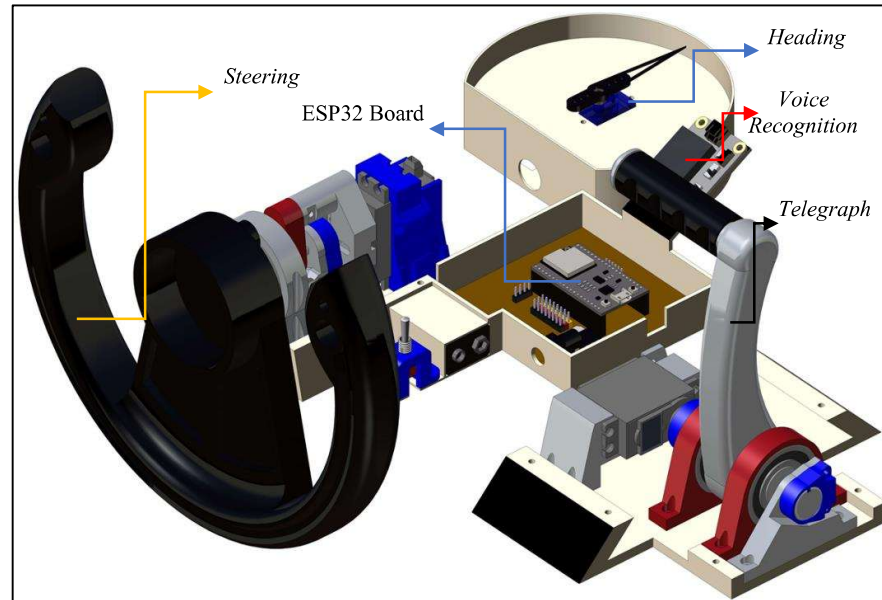
Potensiometer dihubungkan ke pin ADC untuk menghasilkan sinyal analog, sedangkan LED strip dihubungkan ke salah satu pin digital output ESP32. Pada tahap awal, rangkaian diuji di *breadboard* untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai fungsi, kemudian dilanjutkan ke tahap penyolderan di papan permanen untuk meningkatkan keandalan koneksi.



Gambar 3.10 Struktur Mekanisme *Telegraph* dan Servo
Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

Tahap terakhir adalah pengujian sistem. Pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari fungsi dasar pengenalan perintah suara untuk menggerakkan servo *Telegraph* dan *Steering*, hingga pengujian kontrol manual servo *Heading* dengan potensiometer.

Selain itu, diuji pula kesesuaian respon LED strip dengan nilai potensiometer LED, sehingga hanya satu LED yang menyala sesuai segmen. Proses uji coba ini juga meliputi verifikasi kestabilan suplai daya untuk memastikan servo dan LED strip bekerja tanpa menyebabkan penurunan tegangan signifikan. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat berfungsi sesuai rancangan, sehingga siap dianalisis lebih lanjut dalam penelitian.



Gambar 3.11 *Finishing Design Navigation Desktop*
 Sumber : Dokumen Pribadi (2025)

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian dari *PROTOTYPE VOICE RECOGNITION ASSISTANCE FOR SHIP MANEUVERING* perlu dilakukan agar bisa diidentifikasi apakah berfungsi sesuai sistem yang diinginkan atau tidak, hal ini bertujuan untuk menentukan arah penggunaan dari rancang bangun yang telah dibuat. Dengan demikian pengujian akan dilaksanakan dengan dua cara pengujian, yakni uji dinamis dan uji statis.

1. Uji Statis

Pengujian statis dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen elektronik bekerja dengan baik secara individual sebelum diintegrasikan ke dalam sistem keseluruhan. Pada tahap ini, seluruh perangkat diuji tanpa beban operasional atau skenario penggunaan nyata.

- a. Pemeriksaan modul *voice recognition* (DF2301Q): memastikan modul dapat menerima *wake word* “MERATUS” dan mampu mendeteksi seluruh CMDID perintah navigasi secara konsisten.
- b. Uji servo telegraph, steering, dan heading: memastikan setiap servo bergerak sesuai sudut yang diperintahkan (35° – 150°) serta tidak mengalami delay atau getaran berlebih.
- c. Uji LED strip indikator: memverifikasi bahwa pembagian warna berbasis sudut (hijau–kuning–merah) bekerja sesuai mapping.
- d. Uji pembacaan potensiometer: memastikan nilai analog terbaca stabil dan menghasilkan perubahan sudut serta visual LED yang akurat.
- e. Uji catu daya dan kestabilan sistem: memastikan seluruh komponen mendapatkan tegangan yang stabil tanpa noise atau penurunan performa.

2. Uji Dinamis

Pengujian dinamis dilakukan setelah seluruh komponen disatukan menjadi sebuah prototipe yang utuh. Tujuannya adalah untuk memastikan performa sistem dalam kondisi penggunaan nyata serta menilai tingkat keandalan *voice command* sebagai mode alternatif pengendalian manuver kapal. Pengujian dinamis dilakukan melalui dua pendekatan utama yaitu, *Alpha test* dan *Beta test*.

a. *Alpha test*

Alpha test dilakukan oleh peneliti secara langsung dalam lingkungan laboratorium atau ruangan tertutup. Fokus pengujian adalah:

- 1) Konsistensi respons servo terhadap perintah suara.

- 2) Akurasi modul dalam mengenali *wake word* dan CMDID.
- 3) Stabilitas sistem saat digunakan berulang kali.
- 4) Pengujian skenario manuver sederhana seperti *midship*, *port ten*, *slow ahead*, hingga *full astern*.
- 5) Tahap ini memastikan bahwa prototipe bekerja sesuai rancangan sebelum diuji oleh pengguna lain.

b. *Beta test*

Beta test dilakukan oleh pengguna lain yang tidak terlibat dalam proses perancangan, misalnya taruna atau perwira pelayaran yang memiliki pemahaman navigasi. Tujuan uji ini adalah untuk menilai:

- 1) Kemudahan penggunaan sistem
- 2) Tingkat keberhasilan perintah suara ketika diucapkan oleh berbagai pengguna
- 3) Kesesuaian sudut servo dan indikator LED dengan ekspektasi pengguna
- 4) Persepsi efektivitas sistem sebagai metode bantu manuver kapal