

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KECEPATAN
PADA KAPAL TRIMARAN MENGGUNAKAN PIXHAWK**



MOCHAMMAD ZAQI ARIF

NIT. 09.21.017.1.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL

TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KECEPATAN
PADA KAPAL TRIMARAN MENGGUNAKAN *PIXHAWK***



MOCHAMMAD ZAQI ARIF

NIT. 09.21.017.1.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mochammad Zaqi Arif
Nomor Induk Taruna : 09.21.017.1.07
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KECEPATAN PADA KAPAL TRIMARAN MENGGUNAKAN PIXHAWK”

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, 07 Agustus 2025



Mochammad Zaqi Arif

NIT. 09.21.017.1.07

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

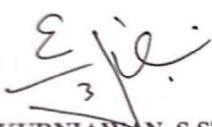
Judul : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
KECEPATAN PADA KAPAL TRIMARAN
MENGGUNAKAN *PIXHAWK*
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
Nama : MOCHAMMAD ZAQI ARIF
NIT : 09.21.017.1.07
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Proposal Tugas Akhir

Surabaya, 17 Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I


EDI KURNIAWAN, S.ST., M.T.
NIP. 198312022019021001

Dosen Pembimbing II


SHOFA DAI ROBBI, S.T., M.T.
NIP. 198203022006041011

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd
NIP. 19800517200502103

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
KECEPATAN PADA KAPAL TRIMARAN
MENGGUNAKAN *PIXHAWK*
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
Nama : MOCHAMMAD ZAQI ARIF
NIT : 09.21.017.1.07
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan



Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 24 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

EDI KURNIAWAN, S.ST., M.T.
NIP. 198312022019021001

Dosen Pembimbing II

SHOFA DAI ROBBI, S.T., M.T.
NIP. 198203022006041001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

DIRHAMSAH, S.E, M.Pd
NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KECEPATAN PADA KAPAL
TRIMARAN MENGGUNAKAN PIXHAWK**

Disusun oleh :



MOCHAMMAD ZAQI ARIF

NIT. 09.21.017.1.07

D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 24 Januari 2025

Menyetujui,

Penguji I

Penguji II

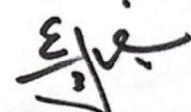
Penguji III



Dr. AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T., M.Pd.
NIP. 197808192000031001



EKA NURMALA SARI AGUSTINA, M.Pd.
NIP. 198908152024212011



EDI KURNIAWAN, S, ST., MT.
NIP. 198312022019021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197304302002121002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KECEPATAN PADA KAPAL
TRIMARAN MENGGUNAKAN PIXHAWK**

Disusun oleh :

MOCHAMMAD ZAQI ARIF

NIT. 09.21.017.1.07

D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, Agustus 2025

Menyetujui,

Penguji I

Penguji II

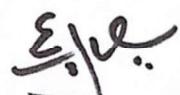
Penguji III



Dr. AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T., M.Pd.
NIP. 197808192000031001



EKA NURMALA SARI AGUSTINA, M.Pd.
NIP. 198908152024212011



EDI KURNIAWAN, S.ST., MT.
NIP. 198312022019021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 19750402002121002

ABSTRAK

Mochammad Zaqi Arif, Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Pada Kapal Trimaran Menggunakan *Pixhawk*. Di Bimbing oleh Bapak Edi Kurniawan, S, ST., M.T. selaku pembibing I dan Bapak Shofa Dai Robbi, S.T., M.T. selaku pembimbing II

Indonesia sebagai negara yang memiliki laut sebagai bagian penting mendorong pengembangan perencanaan kapal yang efisien dan inovatif, salah satunya adalah kapal trimaran yang memiliki keunggulan dalam stabilitas dan kecepatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kecepatan pada kapal trimaran berbasis Pixhawk. Sistem ini dikembangkan dengan menggabungkan Pixhawk sebagai pengendali utama, mikrokontroler STM32 sebagai unit pemroses, dua motor BLDC, mesin bertenaga bensin (ICE), serta *remote control* sebagai *input* dari pengguna. Data dari sensor kecepatan dan putaran mesin (rpm) diproses dan disimpan melalui platform *Internet of Things*, sehingga pemantauan dapat dilakukan secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengendalikan kecepatan pada lima titik referensi dengan respons yang cepat, terutama pada kecepatan menengah. Namun, pada kecepatan tinggi, stabilitas sistem cenderung menurun karena perubahan kondisi lingkungan dan beban. Uji coba jangkauan *remote control* menunjukkan respons masih baik hingga 210 meter dalam kondisi yang menghalangi dan hingga 280 meter tanpa hambatan, meskipun terjadi keterlambatan komunikasi pada jarak yang sangat jauh. Temuan menunjukkan sistem cukup stabil dalam penggunaan kecepatan menengah dan jarak yang tidak terlalu jauh, namun diperlukan pengembangan metode kontrol yang lebih adaptif untuk pengoperasian pada kecepatan tinggi dan lingkungan yang dinamis.

Kata kunci : *Pixhawk*, kapal trimaran, sistem pemantauan kecepatan, STM32, motor BLDC, Mesin Internal Combustion Engine (ICE), *Internet of Things* (IoT) *remote control*, kendali jarak jauh, kinerja sistem, teknologi maritim, desain kapal inovatif.

ABSTRACT

Mochammad Zaqi Arif, Design and Construction of a Speed Monitoring System on a Trimaran Ship Using Pixhawk. Supervised by Mr. Edi Kurniawan, S.T., M.T. as Supervisor I and Mr. Shofa Dai Robbi, S.T., M.T. as Supervisor II.

Indonesia, as a country with extensive and strategically important seas, encourages the development of efficient and innovative ship designs, one of which is the trimaran vessel known for its advantages in stability and speed. This study aims to design and build a speed monitoring system for a trimaran boat based on Pixhawk technology. The system is developed by integrating Pixhawk as the main controller, STM32 microcontroller as the processing unit, two BLDC motors, a gasoline-powered internal combustion engine (ICE), and a remote control as user input. Data from speed sensors and engine RPM are processed and stored through an Internet of Things (IoT) platform, enabling real-time monitoring. Test results show that the system can control speed at five reference set points with a fast response, particularly at medium speeds. However, at high speeds, system stability tends to decrease due to changes in environmental conditions and load. Remote control range tests demonstrate reliable response up to 210 meters under obstructed conditions and up to 280 meters without obstacles, although some communication delay occurs at very long distances. The findings indicate that the system is sufficiently stable for medium-speed operation and moderate distances, but further development of more adaptive control methods is needed for high-speed operation and dynamic environments.

Key words: *Pixhawk, trimaran vessel, speed monitoring system, STM32, BLDC motor, Internal Combustion Engine (ICE), Internet of Things (IoT), remote control, remote operation, system performance, maritime technolog, innovative ship design.*

KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas penelitian tentang Rancang Bangun Sistem Kendali Kapal Trimaran Dengan Menggunakan *Pixhawk* dapat dilaksanakan.

Karya Ilmiah Terapan (KIT) merupakan salah satu persyaratan baku taruna untuk menyelesaikan studi program Sarjana Terapan tingkat IV dan wajib diselesaikan pada periode yang ditetapkan. KIT merupakan proses penyajian keadaan tertentu yang dialami taruna pada saat melaksanakan praktek laut ketika berada di atas kapal.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa, susunan kalimat, maupun cara penulisan serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam penguasaan materi, waktu dan data-data yang diperoleh.

Untuk itu peneliti senantiasa menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penelitian karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, olehnya itu peneliti mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya, khususnya kepada kedua orang tua dan saudara tercinta serta senior-senior yang selalu memberi dukungan baik moril maupun material serta kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E, selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya, yang telah memberikan pembinaan dan arahan kepada seluruh taruna dan taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, termasuk dalam mendukung pelaksanaan penelitian ini.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd., selaku Ketua Jurusan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini.
3. Bapak Edi Kurniawan, S.ST., M.T, selaku dosen pembimbing materi sekaligus penguji, yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran yang sangat berarti selama proses penyusunan karya ilmiah terapan ini.
4. Bapak Shofa Dai Robbi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulisan, yang dengan sabar memberikan arahan, masukan, dan saran yang membantu penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
5. Bapak/Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, saya sadar bahwa dalam penelitian karya ilmiah terapan ini masih terdapat banyak kekurangan.
6. Kedua orang tua saya yang telah mendukung penelitian untuk menyelesaikan pendidikan dan penyelesaian KIT.
7. Seluruh crew kapal Mt. Pangalengan yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama praktek berlayar.
8. Teman-teman semua yang telah membantu dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan untuk menyelesaikan KIT.

9. Semua pihak yang tidak dapat taruna sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian karya ilmiah terapan ini.

Terimakasih kepada beliau dan semua pihak yang telah membantu, semoga semua amal dan jasa baik mereka dapat imbalan dari Allah SWT dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya, 07 Agustus 2025

Mochammad Zaqi Arif

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMPRO.....	v
PENGESAHAN SEMHAS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
A. <i>Review Penelitian Sebelumnya</i>	7
B. Landasan Teori.....	8
1. Kapal Trimaran Jenis V	8
2. Autonomous Surface Vehicle (ASV).....	10

3.	Sistem Propulsi Hibrida	11
4.	<i>Motor Internal Combustion Engine (ICE)</i>	11
5.	Motor <i>Brushless DC</i> (BLDC)	12
6.	<i>Pixhawk</i>	13
7.	Sensor <i>Global Positioning System (GPS)</i>	14
8.	<i>STM32</i>	15
9.	<i>Transistor-Transistor Logic (TTL)</i>	16
10.	<i>Electronic Speed Control (ESC)</i>	17
11.	Sensor <i>Photodiode</i>	18
12.	Baterai <i>Lithium Polymer (LiPo)</i>	19
13.	<i>Remote Control</i> dan <i>Receiver</i>	20
14.	ESP32.....	21
C.	Kerangka Berfikir.....	22
	BAB III METODE PENELITIAN	25
A.	Perancangan Sistem	25
1.	<u>Pengirim Sinyal Kecepatan</u>	26
2.	<u>Kontroller</u>	26
3.	Sistem Kendali Kecepatan Kapal.....	26
4.	Penyimpanan.....	26
B.	Perancangan Alat	27
1.	Blok Diagram.....	27
2.	Flowchart	29
3.	Wiring Diagram	30
C.	Rencana Pengujian.....	34

1. Pengujian Statis.....	34
2. Pengujian Dinamis	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
A. Hasil Pengujian	37
1. Pengujian Statis.....	37
2. Pengujian Dinamis	62
B. Analisis Data	80
1. Analisis Pengujian Statis.....	81
2. Analisis Pengujian Dinamis	82
C. Kajian Produk Akhir	87
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	89
A. SIMPULAN	89
B. SARAN	91
DAFTAR PUSTAKA	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. <i>Review Penelitian</i>	7
Tabel 4. 1 Data Pengujian Kecepatan dengan PixHawk.....	45
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian tanpa <i>Obstacle</i>	64
Tabel 4. 3 Pengujian dengan <i>Obstacle</i>	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Kapal Trimaran Jenis V.....	10
Gambar 2. 2. Motor <i>Internal Combustion Engine</i> (ICE)	12
Gambar 2. 3. <i>Motor BLDC</i>	13
Gambar 2. 4. <i>Pixhawk</i>	14
Gambar 2. 5. <i>Sensor GPS</i>	15
Gambar 2. 6. <i>STM32</i>	16
Gambar 2. 7. <i>USB to TTL</i>	17
Gambar 2. 8. <i>Electronic Speed Control</i>	18
Gambar 2. 9. <i>Sensor Photodiode</i>	19
Gambar 2. 10. <i>Baterai LiPo</i>	20
Gambar 2. 11. <i>Remote Control dan Receiver</i>	21
Gambar 2. 12. Kerangka Berfikir.....	23
Gambar 3. 1. Perancangan Sistem.....	25
Gambar 3. 2. Blok Diagram Perancangan Alat.....	27
Gambar 3. 3. Flowchart.....	29
Gambar 3. 4. Wirimg Diagram	30
Gambar 3. 5 Diagram Alur Pengujian.....	36
Gambar 4. 1 Pengujian Koneksi STM32	38
Gambar 4. 2 Pengiriman Data Pada Serial Monitor.....	38
Gambar 4. 3 Proses Pembacaan Data pada Serial Monitor.....	39
Gambar 4. 4 Percobaan Koneksi Mikrokontroler	40
Gambar 4. 5 Pengujian ESP32 Menerima dan Mengirim Data	40
Gambar 4. 6 Pengujian Komunikasi (a) Lora <i>Transmitter</i> (b) Lora <i>Receiver</i>	41
Gambar 4. 7 Data Lora pada Serial Monitor Sebelum Dikirim	42
Gambar 4. 8 Data Lora pada Serial Monitor Sesudah Dikirim.....	42
Gambar 4. 9 Penempatan Pixhawk pada Mobil	43
Gambar 4. 10 Perbandingan (a) Kecepatan <i>Speedometer</i>	44
Gambar 4. 11 Pengujian Pembacaan Orientasi dan Posisi.....	46
Gambar 4. 12 (a)Pembacaan Orientasi pada Monitor ArduPilot(b) Pembacaan Orientasi pada <i>Google Maps</i>	47
Gambar 4. 13 <i>Push Button</i> 1 Kondisi belum Ditekan.....	48
Gambar 4. 14 <i>Push Button</i> 1 Kondisi Ditekan.....	48
Gambar 4. 15 <i>Push Button</i> 2 Kondisi Belum Ditekan	49
Gambar 4. 16 <i>Push Button</i> 2 Kondisi Ditekan.....	50
Gambar 4. 17 <i>Push Button</i> 3 Kondisi Belum Ditekan	51
Gambar 4. 18 <i>Push Button</i> 3 Kondisi Ditekan.....	52
Gambar 4. 19 <i>Push Button</i> 4 Kondisi Belum Ditekan	53
Gambar 4. 20 <i>Push Button</i> 4 Kondisi Ditekan.....	54
Gambar 4. 21 <i>Push Button</i> 5 Kondisi Belum Ditekan	55

Gambar 4. 22 <i>Push Button</i> 5 Kondisi Ditekan.....	55
Gambar 4. 23 <i>Push Button</i> 6 Kondisi Belum Ditekan	57
Gambar 4. 24 <i>Push Button</i> 6 Kondisi Ditekan.....	57
Gambar 4. 25 <i>Push Button</i> 7 Kondisi Belum Ditekan	59
Gambar 4. 26 <i>Push Button</i> 7 Kondisi Ditekan.....	59
Gambar 4. 27 Pengujian <i>Joystick</i> belum Ditekan	60
Gambar 4. 28 Pengujian <i>Joystick</i> Kondisi Ditekan.....	61
Gambar 4. 29 Bentuk Tampilan <i>Remote Control</i> Kapal	62
Gambar 4. 30 Pengujian <i>Remote Control</i> tanpa <i>Obstacle</i>	63
Gambar 4. 31 Pengujian <i>Remote Control</i> dengan <i>Obstacle</i>	67
Gambar 4. 32 Grafik <i>Respon Remote Control</i> Kecepatan 4km/jam	73
Gambar 4. 33 Grafik <i>Respon Remote Control</i> Kecepatan 5km/jam	75
Gambar 4. 34 Grafik <i>Respon Remote Control</i> Kecepatan 7km/jam	76
Gambar 4. 35 Grafik <i>Respon Remote Control</i> Kecepatan 9km/jam	78
Gambar 4. 36 <i>Respon Remote Control</i> Kecepatan 11km/jam	79

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim atau sering disebut dengan poros maritim dunia (Nikawanti, 2021). Indonesia memiliki posisi geografis yang sangat strategis yang terletak antara persilangan dua benua dan dua samudera yang digunakan dalam pelayaran perdagangan dunia. Seiring berkembangnya zaman, transportasi laut menjadi pusat perhatian salah satunya dalam mendesain kapal dengan teknologi modern. Hal tersebut menjadikan Indonesia memiliki potensi yang layak akan perkembangan desain kapal di dunia maritim. Perkembangan dunia maritim akan berdampak pada perubahan kapal dari masa ke masa. Kapal memiliki beberapa komponen yang didesain dengan berbagai ukuran dan tujuan masing-masing dalam fungsi operasional. Sistem propulsi kapal dari masa ke masa memiliki tiga kategori yaitu propulsi manusia, propulsi berlayar dan propulsi mekanis. Dalam beberapa dekade terakhir, dunia transportasi laut mengalami perkembangan pesat, dengan fokus pada penghematan energi, efisiensi, dan pengurangan dampak lingkungan. Perkembangan kapal terkait desain salah satunya adalah kapal trimaran. Kapal tersebut memiliki keunggulan dalam segi kecepatan tinggi, stabilitas dan ruang interior.

Kapal trimaran merupakan jenis kapal yang memiliki tiga lambung, terdiri atas satu lambung utama (*main hull*) yang berada di bagian tengah, serta dua lambung tambahan di sisi kanan dan kiri sebagai penyeimbang. Desain ini

menawarkan stabilitas dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan kapal berlambung tunggal. Berdasarkan bentuk dasarnya, kapal trimaran dibedakan menjadi dua tipe, yaitu trimaran simetris dan trimaran asimetris (Adietya dan Gustiarini, 2018). Selain itu, berdasarkan fungsi dan tujuan operasionalnya, kapal trimaran dapat diklasifikasikan ke dalam dua jenis utama, yakni *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) dan *Platform Supply Vessel* (PSV). ASV merupakan kapal tanpa awak yang dirancang untuk beroperasi secara otomatis, sementara PSV merupakan kapal berawak berukuran besar yang digunakan untuk mendukung aktivitas di wilayah lepas pantai, seperti pengangkutan logistik dan peralatan. Meskipun keduanya menggunakan desain trimaran untuk meningkatkan stabilitas, keduanya memiliki perbedaan mendasar dari segi skala dan fungsi.

Salah satu penerapan teknologi canggih pada kapal trimaran dapat ditemukan pada jenis ASV. Kapal ini mampu bergerak secara otomatis dari satu titik ke titik lainnya dengan menggunakan metode *waypoint*, yang memungkinkan pengoperasian lebih efisien dan stabil tanpa keterlibatan langsung awak kapal. Seiring dengan kemajuan teknologi, pengembangan kapal ASV semakin diarahkan untuk mendukung sistem pemantauan kecepatan kapal secara otomatis. Sistem ini memberikan manfaat dalam hal efisiensi penggunaan bahan bakar serta peningkatan keselamatan pelayaran. Dengan demikian, kapal ASV menjadi salah satu bentuk inovasi yang signifikan dalam perkembangan teknologi maritim modern.

Dalam pengoperasiannya, kapal ASV membutuhkan perangkat keras (*hardware*) sebagai sistem monitoring. Salah satu *hardware* yang banyak

digunakan adalah Pixhawk, yang telah terbukti efektif sebagai pengendali dalam berbagai jenis kendaraan nirawak seperti pesawat, multirotor, kapal, dan *rover* (Broto, 2023). Pixhawk memungkinkan integrasi berbagai sensor dan aktuator untuk mendukung pengendalian yang lebih presisi, penghematan energi, serta peningkatan keselamatan operasional. Beberapa sensor yang dapat diintegrasikan antara lain *Inertial Measurement Unit* (IMU), barometer, dan magnetometer (kompas digital). Berdasarkan latar belakang tersebut, penggunaan Pixhawk pada kapal trimaran yang memiliki tiga lambung dirancang tidak hanya untuk menambah stabilitas, tetapi juga untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi operasional kapal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring kecepatan pada kapal trimaran berbasis Pixhawk, dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan pada Kapal Trimaran Menggunakan Pixhawk”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana rancang bangun sistem monitoring kecepatan pada kapal trimaran menggunakan *pixhawk*?
2. Bagaimana kinerja dalam mengontrol kecepatan yang diaplikasikan pada kapal trimaran menggunakan *pixhawk*?

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, beberapa batasan masalah yang diterapkan meliputi:

1. Berfokus pada perancangan dan membangun sistem monitoring kecepatan pada *prototype* kapal trimaran.
2. Perencanaan kecepatan kapal trimaran ini memiliki 5 mode, dimana pada 5 mode tersebut terbagi ke dalam 3 kecepatan. pada kecepatan lambat terdapat mode untuk pengintaian dan patrol lambat, kecepatan sedang terdapat mode untuk patrol cepat dan jelajah, dan pada kecepatan cepat terdapat mode untuk pengejaran.
3. Penggunaan mesin *internal combustion engine (ICE)* dan motor BLDC yang akan digunakan pada kapal.
4. Perancangan sistem kontroller utama yang digunakan adalah STM32.
5. Berfokus pada *pixhawk* dalam monitoring berdasarkan kecepatan kapal.
6. Berfokus pada pembacaan hasil data menggunakan lcd untuk menampilkan data kecepatan kapal.
7. Berfokus pada perancangan *remote control* dalam perencanaan kecepatan kapal berdasarkan 5 mode.

Dengan adanya batasan masalah ini, penelitian akan terfokus pada perancangan dan membangun sistem monitoring kecepatan kapal trimaran dengan menggunakan *pixhawk* sebagai controller dapat menentukan kecepatan yang sesuai dan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang sistem monitoring kecepatan kapal tanpa awak.

D. Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan penelitian yang diuraikan berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan :

1. Merancang dan membangun sistem monitoring kecepatan kapal trimaran menggunakan *pixhawk* dengan tujuan untuk merancang dan membangun sistem kendali kecepatan yang efektif pada kapal trimaran, dengan harapan dapat meningkatkan performa dan efisiensi operasionalnya.
2. Kehandalan dalam mengontrol kecepatan kapal menggunakan *pixhawk* yang bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring kecepatan kapal dengan memanfaatkan teknologi *pixhawk*, yang dirancang untuk memberikan data akurat dan real-time selama operasional kapal.

Dengan adanya hal tersebut tantangan yang akan dihadapi dalam implementasi untuk sistem kendali kapal trimaran adalah kesesuaian controller dalam pengaplikasian pada kapal trimaran karena diperlukan model tersebut sebagai bahan acuan dalam kesesuaian perancangan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dalam merancang sistem kendali pada kapal tanpa awak sebagai berikut :

1. Hasil penelitian dapat menambah wawasan dan literatur tentang penggunaan *pixhawk* dalam sistem monitoring kecepatan kapal tanpa awak.
2. Penelitian ini juga dapat mendukung pengembangan teknologi autopilot di

bidang maritim sebagai solusi inovatif untuk berbagai tantangan perairan.

3. Penelitian ini dapat memberikan motivasi dalam mengembangkan sistem kontrol dan sistem monitoring kecepatan terkait pada sistem autopilot berbasis *pixhawk* pada kendaraan otonom.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. *Review Penelitian Sebelumnya*

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji pengembangan sistem kendali pada kendaraan otonom atau tanpa awak dengan menggunakan beberapa type *pixhawk*. Adapun *review* penelitian sebelumnya dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2. 1.

Tabel 2. 1. Review Penelitian

Sumber : <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7774772/>
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3734801
<https://elektroda.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/90>

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
1.	Lin Feng, Qi Fanchao, 2016	Research on the hardware structure characteristics and EKF filtering algorithm of the autopilot Pixhawk (Feng, 2016)	Dalam artikel ini mengkaji <i>pixhawk</i> memiliki sensor ganda yaitu GPS ganda, kompas ganda, akselerometer ganda, dan giroskop ganda hasil pengukuran tidak akurat. Sehingga algoritma fusi estimasi dapat melengkapi kelebihan dan kekurangan beberapa sensor. EKF adalah algoritma fusi multi sensor dan <i>pixhawk</i> dengan daya komputasi yang kuat dari prosesor 32 bit STM32f427 Cortex M4 MHz/256 core 168KB RAM/2MB Flash bit dapat mendukung persyaratan operasi berbagai algoritma.	Dalam penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan metode algoritma EKF dalam mendeteksi sikap posisi dengan optimal . Sedangkan dalam penelitian ini, peneliti memilih penggunaannya terhadap sistem kendali kecepatan pada kapal.
2.	Reshma Gunturu, Kolusu	Development of drone based delivery system	Dalam penelitian ini mengkaji tentang kendaraan udara tak	Dalam penelitian sebelumnya, adalah penggunaan <i>pixhawk</i>

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
	Navya Durga Taraks Sri Harsha, Syaikh Fayaz Ahmad, 2020	using pixhawk flight controller (Gunturu et al., 2020)	berawak atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) yang dikenal sebagai pesawat nirawak yaitu drone dengan menggunakan controller pixhawk untuk pengendali penerbangan. Quadcopter dikembangkan dan dikendalikan dari jarak jauh dari statuin kendali darat yang memanfaatkan raspberry pi dan GPS.	pada kendara udara tak berawak atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) yaitu drone. Sedangkan pada penelitian ini pixhawk digunakan pada kapal tanpa awak yaitu kapal trimaran.
3.	Prasepvia ntu Estu Broto, 2023	Rancang bangun rover berpenggerak brushles dengan kontroler pixhawk menggunakan joystick (Broto, 2023)	Dalam penelitian ini mengkaji tentang robot mobil atau rover yang sistem kendali menggunakan autopilot pixhawk dengan sensor Inetial Measurement Unit (IMU) yang komponen utama untuk mengukur orientasi percepatan dan kecepatan sudut kendaraan.	Dalam penelitian sebelumnya, adalah pengaplikasian pada robot mobil atau rover menggunakan pixhawk dengan sensor Inetial Measurement Unit (IMU), sedangkan pada penelitian saat ini digunakan untuk sistem kendali kecepatan kapal trimaran dengan menggunakan pixhawk.

B. Landasan Teori

Landasan landasan teori yang berkaitan dengan rancang bangun sistem kendali kapal trimaran menggunakan pixhawk yang diangkat oleh penulis sebagai berikut:

1. Kapal Trimaran Jenis V

Kapal trimaran merupakan salah satu jenis kapal multilambung (*multihull*) yang terdiri atas tiga lambung, yakni satu lambung utama yang terletak di bagian tengah dan dua lambung pendamping di sisi kiri dan kanan yang berfungsi sebagai penyeimbang (Adietya & Gustiarini, 2018).

Konfigurasi ini dirancang untuk meningkatkan kestabilan dan efisiensi hidrodinamis kapal. Secara umum, bentuk lambung kapal trimaran terbagi ke dalam dua kategori utama, yaitu bentuk simetris dan asimetris, yang masing-masing memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri berdasarkan kebutuhan operasional.

Salah satu bentuk lambung yang banyak diadopsi pada desain kapal trimaran adalah lambung berbentuk huruf-V (*V-shaped hull*). Desain ini menawarkan berbagai keunggulan, antara lain efisiensi hidrodinamis yang tinggi, kemampuan akselerasi yang lebih baik, serta kestabilan yang unggul ketika beroperasi pada kecepatan tinggi. Bentuk lambung jenis-V memungkinkan kapal untuk memecah gelombang secara lebih efisien, sehingga mengurangi hambatan air dan menghasilkan gerakan yang lebih halus di permukaan laut. Jika dibandingkan dengan kapal berlambung tunggal (*monohull*) yang umumnya berbentuk huruf U atau V, kapal trimaran dengan lambung jenis-V menunjukkan performa yang lebih optimal dalam manuver, distribusi beban, dan pengurangan efek (*rolling*).

Desain kapal trimaran jenis ini juga memberikan keuntungan dari segi luas lambung, yang memungkinkan fleksibilitas lebih besar dalam pemasangan peralatan navigasi, sistem komunikasi, sensor, atau muatan tambahan lainnya (Samuel, 2013). Dengan demikian, kapal trimaran berbentuk lambung jenis-V sangat cocok digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti kapal pesiar cepat, kapal patroli, kapal riset, hingga kapal militer. Oleh karena itu, pemilihan bentuk lambung kapal harus melalui proses perancangan yang cermat dan metodologis, dengan

mempertimbangkan aspek hidrodinamika, stabilitas, efisiensi bahan bakar, serta tujuan operasional secara menyeluruh, guna menghasilkan kapal yang andal dan sesuai dengan standar keselamatan pelayaran.



Gambar 2. 1. Kapal Trimaran Jenis V

Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/KRI_Klewang

2. Autonomous Surface Vehicle (ASV)

Autonomous Surface Vehicle (ASV) merupakan jenis kapal tanpa awak yang dirancang untuk dapat berlayar secara otomatis di permukaan perairan. Kapal ini mampu bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya secara mandiri dengan memanfaatkan sistem navigasi berbasis *waypoint* (Syukhron et al., 2021), di mana titik-titik koordinat perjalanannya telah ditentukan sebelumnya.

ASV umumnya dilengkapi dengan perangkat *Global Positioning System* (GPS), sensor gas, sensor pH, modul *bluetooth*, serta sistem telemetri. Setelah lokasi target ditetapkan, kapal akan bergerak secara otomatis menuju titik tersebut sambil melakukan pengukuran terhadap kadar gas dan kualitas air di sekitarnya secara waktu nyata (*real-time*).

Jenis kapal yang digunakan dalam sistem ini adalah kapal katamaran, yaitu kapal yang memiliki dua lambung atau badan kapal. Jika dibandingkan dengan kapal berlambung tunggal, katamaran memiliki

beberapa keunggulan, antara lain tingkat stabilitas yang lebih tinggi serta hambatan gerak yang lebih kecil saat beroperasi di perairan.

3. Sistem Propulsi Hibrida

Teknologi *hybrid system vessel* yang dimaksud adalah kapal yang berjalan dengan dua sumber tenaga, mesin yang bekerja dengan sumber tenaga bahan bakar dan motor listrik yang bekerja dengan sumber tenaga listrik. Oleh karena adanya permasalahan tersebut maka dikembangkanlah konsep sistem hibrid pada kapal.(T. Bimantoro, I. M. Ariana, 2014)

Sistem propulsi hibrida menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga untuk menciptakan daya dorong bagi kapal atau kendaraan. Umumnya, sistem ini mengintegrasikan mesin pembakaran internal dengan sumber energi alternatif, seperti motor listrik atau baterai. Dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi gas buang, serta meningkatkan fleksibilitas operasional, sistem propulsi hibrida menawarkan sejumlah keunggulan. Dengan adanya keunggulan pada sistem hibrida sangat cocok digunakan pada kapal penelitian.

4. Motor Internal Combustion Engine (ICE)

Mesin pembakaran dalam, atau motor internal combustion, adalah jenis mesin yang memproduksi tenaga mekanik melalui proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Proses ini menghasilkan tekanan tinggi yang mendorong piston atau komponen mekanis lainnya, menghasilkan gerakan yang diperlukan. Motor ini banyak digunakan pada kendaraan, kapal, pesawat terbang, dan generator listrik. Mesin ini menawarkan sejumlah keunggulan, seperti efisiensi energi yang tinggi,

daya yang besar, serta fleksibilitas dalam pemilihan bahan bakar, menjadikannya andalan di berbagai aplikasi industri, transportasi, dan kelautan. Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama yaitu motor Otto (Bensin) dan motor Diesel. Bahan bakar pada motor bensin dinyalakan oleh loncatan api listrik diantara kedua elektroda busi. Karena itu motor bensin dinamakan juga Spark Ignition Engines. Sedangkan motor Diesel, terjadi proses penyalaan sendiri, yaitu karena bahan bakar disemprotkan kedalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi. Bahan bakar itu terbakar sendiri oleh udara yang mengandung 21% volume O₂, setelah temperatur campuran itu melampaui temperatur nyala bahan bakar. Sedangkan cara penyalaan dengan cara tersebut maka motor diesel disebut juga Compresion Ignition Engines(Kirono et al., 2010).



Gambar 2. 2. Motor *Internal Combustion Engine* (ICE)

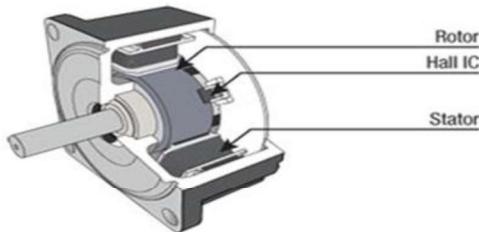
Sumber : <https://www.tokopedia.com/almirosa/>

5. Motor *Brushless DC* (BLDC)

Penggunaan motor listrik dalam sistem propulsi hibrida menggunakan motor BLDC. Motor *brushless DC* (BLDC) merupakan motor listrik yang berputar pada kecepatan konstan mulai tanpa beban sampai beban penuh. Untuk pembangkitannya motor BLDC menggunakan

sumber tiga fasa untuk membangkitkan medan magnet putar dan interferensi elektromagnetis yang disuplai dengan arus(Harahap, 2022).

Motor BLDC terdiri dari dua komponen utama: rotor, yang berfungsi sebagai bagian bergerak dengan magnet, dan stator, yang merupakan bagian diam dan menghasilkan medan magnet. Motor brushless DC (BLDC) umumnya digunakan karena menawarkan performa tinggi dan efisiensi yang sangat baik. Keunggulan motor ini dapat dilihat dari putaran yang halus serta kemudahan dalam mengontrol akselerasi dan deselerasi. Pada motor ini, rotor yang dilengkapi dengan magnet bekerja sama dengan kumparan stator untuk menciptakan medan magnet, sehingga memungkinkan motor sinkron yang menggunakan magnet permanen untuk beroperasi optimal.



Gambar 2. 3. Motor BLDC
Sumber : <http://surl.li/iejua0>

6. *Pixhawk*

Pixhawk merupakan jenis autopilot open source berbasis 32 bit. *Pixhawk* dapat diaplikasikan sebagai kontroler pesawat tanpa awak, multirotor, kapal dan juga rover(Broto, 2023)*Pixhawk* dibuat untuk menambah keandalan dan membuat integrasi menjadi lebih mudah dengan fitur-fitur canggih didalamnya Fitur terbesar.

Pixhawk adalah dukungan sensor ganda. jenis pixhawk juga bermacam-macam seperti *Pixhawk Cube black*, *Pixhawk Cube orange* dan *Pixhawk PX4*. Kini kita dapat memanfaatkan sepenuhnya *Pixhawk* pada giroskop ganda dan akselerometer ganda, serta kompas ganda, dan dapat digunakan untuk menggandakan *GPS* guna mentransfer kesalahan *GPS*. *Pixhawk* menggunakan sistem kendali berbasis loop tertutup (*closed-loop control system*). Sistem ini bekerja dengan mengambil data dari sensor, membandingkannya dengan nilai yang diinginkan (set point), dan *Pixhawk* yang terhubung dengan sensor *GPS* merupakan kombinasi penting dalam sistem autopilot untuk navigasi dan kendali posisi pada drone atau kendaraan tanpa awak. *GPS* memberikan informasi posisi absolut dan kecepatan linier yang dibutuhkan untuk navigasi di lingkungan global.



Gambar 2. 4. *Pixhawk*
Sumber : <https://shorturl.at/7hNII>

7. Sensor **Global Positioning System (GPS)**

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi geografis suatu objek di permukaan bumi dengan tingkat akurasi yang tinggi. *GPS* bekerja dengan mengukur waktu yang berisi data posisi, waktu, dan identitas satelit yang

diperlukan sinyal satelit untuk mencapai penerima di permukaan bumi dan menggunakan prinsip trilaterasi untuk menentukan posisi. *GPS* banyak digunakan di berbagai bidang, seperti transportasi, militer, survei, pemetaan.

Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, bagi banyak orang secara simultan. Saat ini *GPS* sudah banyak digunakan orang di seluruh dunia dalam berbagai aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi, kecepatan, percepatan ataupun waktu yang teliti. *GPS* dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter (Fitriansyah et al., 2021).



Gambar 2. 5. Sensor GPS

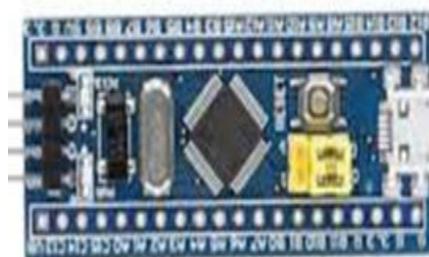
Sumber : <http://surl.li/qetjfs>

8. STM32

STM32 merupakan mikrokontroler yang diproduksi oleh STMicroelectronics dengan 32-bit *RISC ARM Cortex-M processor* dan memiliki clock frekuensi mulai dari 32 MHz sampai 400 MHz(Ashari & Zakarijah, 2019). *STM32* adalah keluarga mikrokontroller 32-bit yang dibuat oleh STMicroelectronics. Mikrokontroler ini khusus dirancang untuk

aplikasi *Cortex-A* (aplikasi umum), *Cortex-M (embedded)*, dan *Cortex-R (real-time)*. Mikrokontroler digunakan untuk menjalankan tugas-tugas spesifik pada perangkat elektronik, seperti kontrol mesin, sistem komunikasi, pengolahan sinyal, dan otomasi. Keunggulan utama *STM32* adalah kombinasi antara performa tinggi dan peripheral berkualitas tinggi, menjadikannya lebih unggul dibandingkan Arduino dalam hal kinerja.

Mikrokontroler ini sangat cocok untuk diterapkan dalam proyek-proyek yang bersifat terbenam (*embedded*). *STM32* telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti perangkat pencetak sederhana hingga pengembangan perangkat lunak sistem dan sistem terbenam yang kompleks. Mikrokontroler ini memiliki keunggulan khusus dalam aplikasi yang membutuhkan daya rendah dengan fitur-fitur yang kuat.



Gambar 2. 6. STM32

Sumber : <http://surl.li/ctsuhf>

9. Transistor-Transistor Logic (TTL)

Gerbang logika (*logic gates*) merupakan bagian mendasar dari sebuah sistem komputer. Berdasarkan cara kerja dari beberapa gerbang tersebut, sebuah mikroprosesor dapat dibangun. Pada tingkat dasar, komputer menggunakan kombinasi bit 0 dan 1 sebagai sistem digital yang direalisasikan melalui beberapa gerbang dengan logika tertentu. Salah satu

bentuk realisasi gerbang logika yang paling umum dijumpai adalah dalam wujud rangkaian terpadu *integrated circuit (IC) Transistor-Transistor Logic (TTL)*. IC tersebut dibangun dari beberapa transistor dwi kutub (*bipolar junction transistor* atau BJT) dan resistor. IC TTL menjalankan fungsi logika (misalkan *NOT*, *AND* dan *OR*) sekaligus memberikan penguatan (amplification)((Saptadi, 2017)).

Kabel *USB to TTL* ini memungkinkan pengguna untuk membuat perangkat elektronika mikrokontroller nya dapat berkomunikasi. *USB to TTL* biasanya mendukung transfer data dengan kecepatan yang cukup tinggi untuk kebanyakan aplikasi seperti pemrograman atau pengujian perangkat berbasis mikrokontroller. *USB to TTL* juga sangat mudah diintegrasikan ke dalam proyek *DIY* atau prototipe. Hal ini memudahkan para pengembang perangkat keras untuk menghubungkan berbagai perangkat tanpa memerlukan koneksi rumit atau pengetahuan mendalam tentang komunikasi



Gambar 2. 7. *USB to TTL*

Sumber : <http://surl.li/ubdara>

10. *Electronic Speed Control (ESC)*

Electronic Speed Controller (ESC) merupakan salah satu sistem propulsi pada pesawat tanpa awak dimana ESC ini terhubung langsung

dengan sumber tegangan dan motor BLDC. ESC digunakan sebagai pengatur kecepatan motor BLDC yang sinyalnya dikirim oleh flight control, sinyal tersebut berupa sinyal PWM(Prasetyo et al., 2022) ESC bekerja dengan cara memodulasi tegangan dan arus yang dikirim ke motor, menggunakan metode seperti *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengatur kecepatan rotasi motor. *Electronic Speed Controller (ESC)* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur kecepatan, arah, dan penggereman motor listrik, terutama pada aplikasi seperti kendaraan *remote control (RC)*, drone, robotika, dan otomasi industri. ESC berfungsi sebagai jembatan antara sumber daya (baterai) dan motor listrik, memberikan kontrol yang presisi pada motor sesuai dengan perintah dari pengontrol utama (misalnya, mikrokontroler atau transmitter).



Gambar 2. 8. Electronic Speed Control

Sumber : <http://surl.li/aglsnb>

11. Sensor *Photodiode*

Sensor RPM (encoder) merupakan salah satu sensor yang biasa digunakan dalam memonitoring dan menghitung kecepatan putaran pada RPM gear motor DC yang sedang beroperasi dan hasil data sensor akan diolah oleh *software* (Agustini et al., 2023). *Sensor photodiode* adalah

jenis sensor yang memanfaatkan sinyal inframerah untuk mendeteksi keberadaan objek, gerakan, atau perubahan kondisi. Dalam aplikasi pengukuran kecepatan (*speed measurement*), sensor IR digunakan untuk mendeteksi jumlah putaran (rotasi) atau kecepatan pergerakan suatu objek dengan membaca sinyal pantulan inframerah atau gangguan sinyal yang dikirimkan.

Dalam konteks pengukuran kecepatan, sensor photodiode digunakan untuk mendeteksi perubahan sinyal yang disebabkan oleh pergerakan objek, misalnya roda, baling-baling, atau conveyor. Sensor *photodiode* mendeteksi perubahan sinyal berdasarkan jumlah pemutusan atau pantulan sinyal yang terjadi dalam satuan waktu tertentu.



Gambar 2. 9. Sensor Photodiode

Sumber : <http://surl.li/ejzqlw>

12. Baterai *Lithium Polymer (LiPo)*

Baterai *Li-Po* menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. (Harjono, 2023). Parameter pada baterai *lithium polymer (LiPo)* dapat dilihat dilabel baterai yang disimbolkan dengan “S”. Lapisan film disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang menyebabkan terjadinya pertukaran ion.

Baterai *lithium polymer (LiPo)* adalah jenis baterai isi ulang yang menggunakan senyawa berbasis lithium sebagai material elektroda dengan

elektrolit berbentuk polimer berbasis gel. Baterai ini dikenal karena bobotnya yang ringan, kapasitas penyimpanan energi yang tinggi, dan kemampuannya untuk memberikan arus besar dalam waktu singkat. *LiPo* banyak digunakan dalam aplikasi seperti drone, kendaraan remote control (RC), smartphone, laptop, dan perangkat elektronik lainnya.



Gambar 2. 10. Baterai LiPo

Sumber : <https://www.makerlab-electronics.com/>

13. *Remote Control* dan *Receiver*

Remote control Taranis adalah perangkat pengendali jarak jauh yang populer di kalangan pengguna drone, kendaraan *remote control* (RC), dan model pesawat. Taranis dikenal karena fitur-fiturnya yang canggih, fleksibilitas, serta dukungan untuk berbagai model dengan protokol komunikasi yang handal. Sistem ini terdiri dari *transmitter* (pemancar) pada remote control dan *receiver* (penerima) pada perangkat yang dikendalikan. Sinyal kendali yang masuk ke dalam sistem pemancar akan dimodulasi oleh sinyal carrier yang memiliki frekuensi lebih besar dibandingkan dengan sinyal informasi atau sinyal kendalinya.(Darlis, 2013).



Gambar 2. 11. Remote Control dan Receiver
Sumber : <http://surl.li/ssrszd>

14. ESP32

ESP32 merupakan salah satu komponen platform yang memiliki ketahanan yang kuat dan biaya yang relative murah dalam mengembangkan suatu aplikasi IoT(Hercog *et al.*, 2023). ESP32 memiliki berbagai fitur-fitur seperti prosesor ganda, konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, sejumlah pin general purpose input/output (GPIO), dan konsumsi daya yang rendah. Mikrokontroler ini juga sangat popular dalam integrase dalam berbagai platform internet of things (IoT), otomasi rumah, perangkat wearable, dan aplikai industri lainnya.

ESP32 tetap menjadi pilihan utama bagi pengembangan perangkat pintar dengan performa tinggi, efisiensi daya, dan fleksibilitas arsitektur. Perangkat ini memiliki performa prosesor yang handal dengan kecepatan sekitar 240 MHz hingga 400 MHz, kapasitas memori sebesar 520 Kb dan dukungan eksternal flash hingga 16MB.

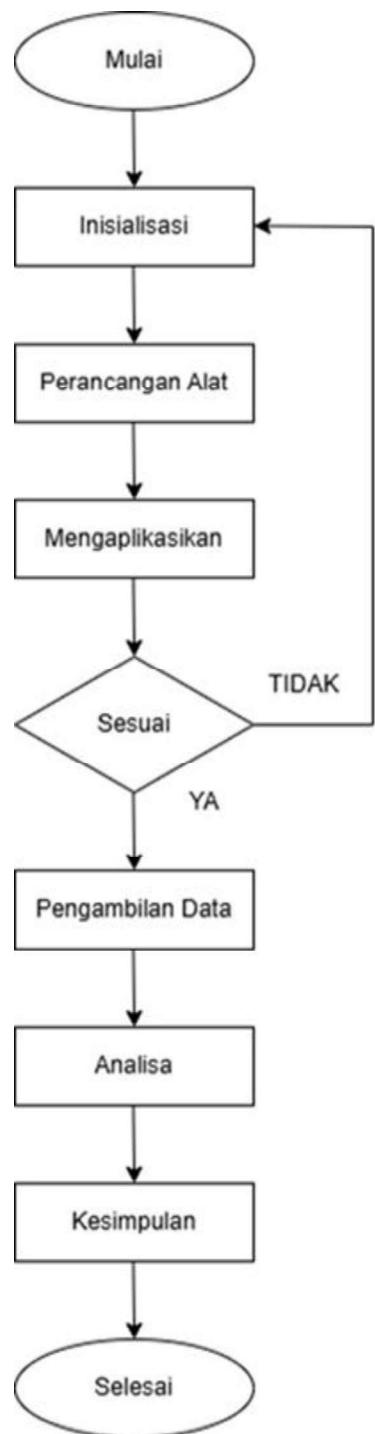


Gambar 2.12. ESP32

Sumber : <https://thepihut.com/products/esp32-h2-microcontroller>

C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir disusun untuk menganalisa permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian dan dapat mempermudahkan dalam pemaparan secara lebih rinci. Oleh karena itu, diperlukan konsep algoritma rancang bangun penelitian ini. Peneliti akan menyajikan algoritma penelitian dalam bentuk gambar berupa kerangka berfikir. Dengan adanya hal tersebut maka dapat memberikan gambaran analisa yang akan dibahas dalam penelitian sehingga dapat merancang penelitian dengan konsep algoritma. Kerangka berfikir juga adalah alur pemikiran yang disusun berdasarkan teori, konsep dan hasil penelitian yang saling memiliki keterkaitan dan menunjukkan hubungan antar variabel yang akan diukur yang disajikan dengan gambar berupa kerangka berfikir.



Gambar 2. 12. Kerangka Berfikir
Sumber : Dokumen Penelitian

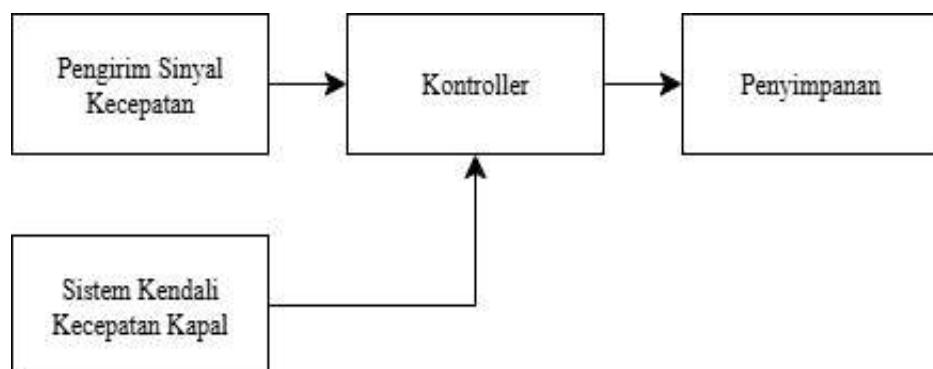
BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode dan alur penelitian. Alur penelitian yang dijelaskan pada bab ini, disertai perancangan sistem, perancangan alat, serta rencana pengujian yang dijelaskan secara rinci, sistematis, dan urut sesuai dengan langkah yang telah ditentukan dalam bentuk narasi. Dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini, peneliti menggunakan metode penelitian eksperimen.

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah proses yang bertujuan untuk merancang atau memperbaiki sistem yang sudah ada, guna menjadikannya lebih baik. Dengan perancangan yang efektif, sistem dapat menjalankan tugasnya dengan efisien. Proses rancangan ini mencakup berbagai aspek, seperti rancangan input, output, dan pengelolaan file.(Purwanto, 2019).



Gambar 3. 1. Perancangan Sistem
Sumber : Dokumen Penelitian

Blok diagram pada gambar di atas menggambarkan rancangan sistem monitoring kecepatan untuk kapal trimaran dengan menggunakan *pixhawk*. Berikut adalah penjelasan pada masing-masing blok :

1. Pengirim Sinyal Kecepatan

Komponen ini bertugas mengirimkan sinyal input berupa kecepatan yang diinginkan untuk kapal trimaran. Pengirim sinyal ini dapat berupa perangkat *remote control*, aplikasi *smartphone*, atau joystick yang terhubung dengan sistem *pixhawk*. Sinyal ini menjadi refensi bagi sistem kontrol dalam menentukan kecepatan kapal.

2. Kontroller

Pada blok ini, *pixhawk* digunakan sebagai kontroler utama. *Pixhawk* bertugas menerima sinyal kecepatan dari pengirim sinyal, memprosesnya, dan membandingkan dengan data dari sistem kendali kapal. *Pixhawk* kemudian menghasilkan perintah kontrol untuk mengatur aktuator seperti motor atau propeller guna mencapai kecepatan yang diinginkan.

3. Sistem Kendali Kecepatan Kapal

Sistem ini terdiri dari aktuator dan sensor yang bekerja bersama untuk mengontrol kecepatan kapal trimaran. Aktuator menggerakkan propeller atau motor berdasarkan perintah dari kontroler. Sementara itu, sensor (seperti sensor *GPS* atau *IMU*) memberikan umpan balik berupa data kecepatan aktual kepada kontroler untuk memastikan kecepatan kapal sesuai dengan yang diinginkan.

4. Penyimpanan

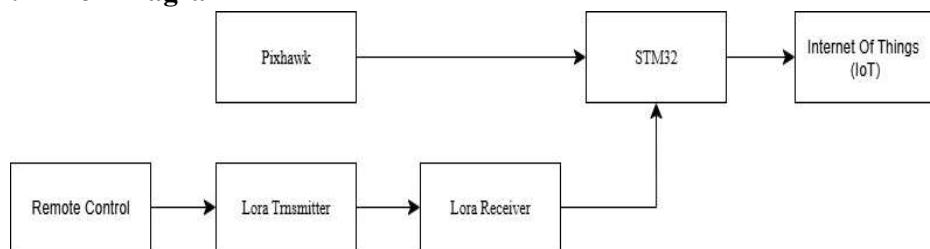
Blok ini merepresentasikan modul penyimpanan data dalam sistem. Data yang disimpan dapat berupa parameter perjalanan, log kecepatan, atau data sensor. Penyimpanan ini berguna untuk analisis performa sistem, *troubleshooting*, atau evaluasi di masa mendatang.

Diagram ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara *loop tertutup* (*closed-loop*), di mana proses kontrol dilakukan secara terus-menerus dan responsif terhadap perubahan kondisi. Kontroler menerima sinyal input berupa kecepatan yang diinginkan serta data umpan balik dari sensor, kemudian memprosesnya untuk menghasilkan aksi kendali yang sesuai guna menjaga kecepatan kapal tetap stabil dan optimal. Dalam sistem ini, Pixhawk berperan sebagai pusat kendali utama yang mengordinasikan sinyal dari berbagai sensor dan aktuator.

B. Perancangan Alat

Perancangan alat adalah proses desain dan pengembangan alat, metode dan teknik untuk memperbaiki efisiensi dan produktifitas manufaktur. Faktor ekonomi dan kualitas akan memastikan harga produk yang kompetitif. Karena alat tidak dapat menjawab segala proses manufaktur, perancangan adalah permasalahan yang selalu bergerak dan dinamis. Perancangan alat merupakan suatu tahapan yang sangat penting dalam pembuatan suatu alat. Dengan perancangan yang matang, akan menghasilkan alat yang maksimal yaitu alat yang dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

1. Blok Diagram



Gambar 3. 2. Blok Diagram Perancangan Alat

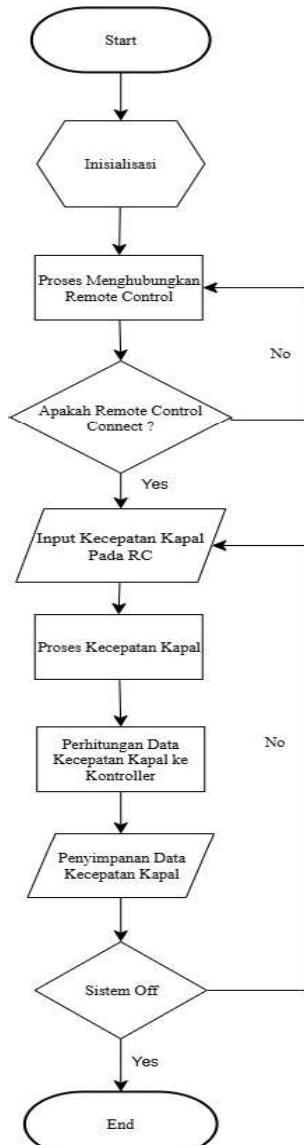
Sumber : Dokumen Penelitian

Berikut adalah penjelasan untuk perancangan alat pada gambar 3.2 yang sudah dibuat oleh peniliti yaitu :

- a. *Remote control* berfungsi sebagai perangkat *input* yang digunakan untuk mengendalikan kapal trimaran. Operator dapat menghentikan perintah seperti perubahan kecepatan kapal. Dan kemudian perintah dikirim melalui sistem komunikasi Lora
- b. Lora *transmitter* berfungsi untuk modul pemancar yang mengirimkan data atau sinyal kontrol dari *remote control* ke sistem kendali kapal. Teknologi lora digunakan karena mendukung transmisi data jarak jauh dengan daya rendah yang nantinya sinyal akan diterima oleh modul penerima lora di kapal.
- c. Lora *receiver* berfungsi sebagai modul penerima yang terpasang di kapal untuk menerima data atau sinyal kontrol dari lora *transmitter*. Modul akan memastikan bahwa data yang diterima tetap utuh dan bebas dari gangguan sebelum diteruskan kontroler utama (*pixhawk*).
- d. *Pixhawk* berfungsi sebagai unit kontrol kecepatan kapal trimaran. *Pixhawk* menerima sinyal kendali dari lora *receiver* dan data dari sensor lainnya untuk menentukan respon kendali yang tepat.
- e. STM32 berfungsi sebagai mikrokontroler tambahan yang digunakan untuk mendukung *pixhawk* dalam merespon pemrosesan data *pixhawk*, pencatatan data (data logging), dan pengelolaan komunikasi
- f. *Internet of Things* (IoT) berfungsi sebagai media penyimpanan data dalam sistem. Data yang disimpan dapat berupa data perjalanan, parameter kontrol, data sensor, serta performa sistem kapal. Selain itu,

IoT memungkinkan pemantauan dan analisis data secara *real-time*, yang mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.

2. Flowchart



Gambar 3.3. Flowchart

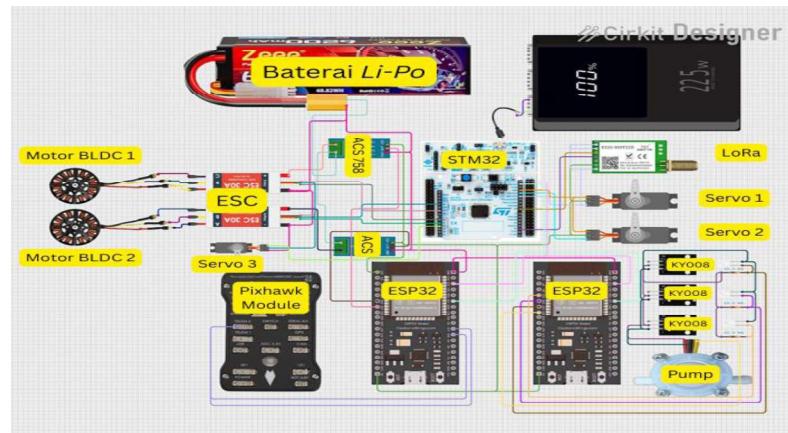
Sumber : Dokumen Penelitian

Dalam gambar 3.3 dijelaskan tentang bagaimana sistem kendali kecepatan bekerja. Dengan langkah awal inisialisasi yang memberikan nilai awal pada pemrograman, dan menghasilkan sebuah proses

menghubungkan *remote control*. Setelah itu terdapat decision apakah rc connect, jika iya maka akan menghasilkan input kecepatan kapal pada rc. Jika tidak maka akan dilakukan kembali pada proses menghubungkan remote controlnya. Setelah mendapatkan input kecepatan kapal pada rc maka akan dilakukannya proses kecepatan kapal tersebut. Dari proses kecepatan kapal akan dilakukannya perhitungan data kecepatan kapal ke controller dan data yang diperoleh pada perhitungan kecepatan kapal akan disimpan, setelah disimpan maka terdapat decision sistem off. Jika sistem off maka akan selesai. Jika tidak maka akan diproses kembali ke input kecepatan kapal pada remote control.

3. Wiring Diagram

Wiring diagram merupakan representasi grafis yang menggambarkan koneksi listrik dalam suatu sistem. Pada sub bab ini dijelaskan tentang wiring diagram. Wiring diagram akan ditampilkan pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4. Wirimg Diagram

Sumber : Dokumen Penelitian

Dari wiring diagram diatas dapat dilihat komponen-komponen dan sensor yang saling terhubung. Wiring diagram sebagai acuan memudahkan

peneliti dalam proses pembuatan alat tersebut. Sistem kontrol ini dimulai dari *pixhawk* sebagai hardware penghubung dari sensor-sensor dan komponen lain, dan STM32 terhubung dengan komponen lainnya berupa, motor *ICE* sebagai aktuator dan *remote control* dengan receiver.

Tabel 3. 1. PIN Mikrokontroller

Sumber : Dokumen Pribadi

No	Komponen	Pin Label	Koneksi dengan Komponen Lain
1	ACS758 Current Sensor 1	VCC	VCC (5V)
2	ACS758 Current Sensor 1	VCC	VCC (5V)
3	ACS758 Current Sensor 1	GND	GND (semua komponen GND)
4	ACS758 Current Sensor 1	OUT	G35 pada ESP32 1
5	ACS758 Current Sensor 2	VCC	VCC (5V)
6	ACS758 Current Sensor 2	VCC	VCC (5V)
7	ACS758 Current Sensor 2	GND	GND (semua komponen GND)
8	ACS758 Current Sensor 2	OUT	G34 pada ESP32 1
9	EBYTE LoRa E220	GND	GND (semua komponen GND)
10	EBYTE LoRa E220	VCC	VCC (5V)
11	EBYTE LoRa E220	RXD	D8 pada NUCLEO-G0B1RE
12	EBYTE LoRa E220	TXD	D2 pada NUCLEO-G0B1RE
13	Lipo 6200mAh	+	VCC (5V)
14	Lipo 6200mAh	-	GND (semua komponen GND)

No	Komponen	Pin Label	Koneksi dengan Komponen Lain
15	NUCLEO-G0B1RE	A0	Signal pada ESC 2
16	NUCLEO-G0B1RE	A1	Signal pada ESC 1
17	NUCLEO-G0B1RE	A2	PWM pada Servo 3 (Throttle)
18	NUCLEO-G0B1RE	Pin 12	PWM pada Servo 2 (Rudder)
19	NUCLEO-G0B1RE	Pin 13	PWM pada Servo 1 (Rudder)
20	NUCLEO-G0B1RE	5V	VCC (5V)
21	NUCLEO-G0B1RE	GND	GND (semua komponen GND)
22	NUCLEO-G0B1RE	D2	TXD pada EBYTE LoRa E220
23	NUCLEO-G0B1RE	D8	RXD pada EBYTE LoRa E220
24	NUCLEO-G0B1RE	SCL/D15	G22 pada ESP32 1
25	NUCLEO-G0B1RE	SDA/D14	G21 pada ESP32 1
26	ESP32 1	GND	GND (semua komponen GND)
27	ESP32 1	V5	VCC (5V)
28	ESP32 1	G35	OUT pada ACS758 Current Sensor 1
29	ESP32 1	G34	OUT pada ACS758 Current Sensor 2
30	ESP32 1	G22	SCL pada NUCLEO-G0B1RE
31	ESP32 1	G21	SDA pada NUCLEO-G0B1RE
32	ESP32 1	G35	C pada Photodiode 1
33	ESP32 1	G33	C pada Photodiode 2
34	ESP32 1	G32	C pada Photodiode 3
35	ESP32 2	GND	GND (semua komponen GND)
36	ESP32 2	V5	VCC (5V)
37	ESP32 2	G32	Telemetry (on-screen display) pada Pixhawk
38	ESP32 2	G33	OUT pada Water Flow Rate Sensor
39	ESP32 2	G17	Telemetry (Serial) RX pada Pixhawk

No	Komponen	Pin Label	Koneksi dengan Komponen Lain
40	ESP32 2	G16	Telemetry (Serial) TX pada Pixhawk
41	Pixhawk Px4 Front	Telemetry (Serial) RX	G17 pada ESP32 2
42	Pixhawk Px4 Front	Telemetry (Serial) TX	G16 pada ESP32 2
43	Pixhawk Px4 Front	Telemetry (on-screen display)	G32 pada ESP32 2
44	Water Flow Rate Sensor YF-S401	IN positive	VCC (5V)
45	Water Flow Rate Sensor YF-S401	GND negative	GND (semua komponen GND)
46	Water Flow Rate Sensor YF-S401	OUT signal output	G33 pada ESP32 2
47	KY-008 Laser Emitter 1	SIG	GND (semua komponen GND)
48	KY-008 Laser Emitter 1	5V	VCC (5V)
49	KY-008 Laser Emitter 1	GND	GND (semua komponen GND)
50	KY-008 Laser Emitter 2	SIG	GND (semua komponen GND)
51	KY-008 Laser Emitter 2	5V	VCC (5V)
52	KY-008 Laser Emitter 2	GND	GND (semua komponen GND)
53	Photodiode 1	E	GND (semua komponen GND)
54	Photodiode 1	C	G35 pada ESP32 1
55	Photodiode 2	E	GND (semua komponen GND)
56	Photodiode 2	C	G33 pada ESP32 1
57	Photodiode 3	E	GND (semua komponen GND)
58	Photodiode 3	C	G32 pada ESP32 1

C. Rencana Pengujian

1. Pengujian Statis

Pengujian statis bertujuan untuk memverifikasi komponen sistem tanpa adanya pergerakan fisik pada kapal trimaran. Dalam pengujian ini, fokus utama terletak pada perangkat keras. Tujuan utama adalah untuk memeriksa apakah hardware dan software pada sistem kecepatan kapal sudah sesuai. Selanjutnya untuk memastikan bahwa komponen *pixhawk*, STM32 dan *Internet of Things* terhubung satu sama lain. Untuk mengetahui komponen tersebut terhubung perlu digerakkannya *pixhawk* lalu dicek data pada *Internet of Things* tentang hasil dari *pixhawk*.

2. Pengujian Dinamis

Pengujian dinamis dilakukan untuk memverifikasi performa sistem kendali kecepatan kapal trimaran dalam kondisi sebenarnya di lapangan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kapal dapat bergerak dan beroperasi sesuai dengan desain.

a. Pengujian Kondisi Kecepatan

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam membaca, memproses, dan mencatat data kecepatan kapal *trimaran* pada lima mode kecepatan yang berbeda, yaitu mode pengintai, patroli lambat, patroli cepat, jelajah, dan pengejaran. Setiap mode diaktifkan melalui perintah yang dikirim menggunakan *remote control*, yang berfungsi sebagai antarmuka utama dalam pengoperasian sistem. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap perintah kecepatan yang dikirimkan oleh

remote control dapat diterima dan dijalankan dengan tepat oleh sistem kendali berbasis Pixhawk dan STM32, sehingga menghasilkan respons kecepatan kapal yang sesuai dengan nilai yang diharapkan.

Selama proses pengujian, sistem secara otomatis mencatat kecepatan aktual kapal setelah menerima perintah, dan menyimpan data tersebut ke dalam media penyimpanan berbasis *Internet of Things* sebagai sumber informasi untuk analisis dalam merespons perubahan mode kecepatan, serta kesesuaian antara nilai masukan (*input*) dari pengguna dan keluaran (*output*) kecepatan kapal yang dihasilkan.

b. Pengujian Penyimpanan Hasil Data

Pengujian ini dilakukan untuk menilai efektivitas dan keandalan sistem penyimpanan data yang digunakan dalam mencatat kecepatan kapal trimaran pada lima mode kecepatan. Setiap data kecepatan yang diperoleh selama pengujian akan secara otomatis disimpan pada media penyimpanan web *Internet of Things*. Selain itu, data yang telah tersimpan juga akan ditampilkan secara langsung melalui layar LCD guna memberikan kemudahan dalam proses pemantauan (monitoring) secara real-time.

Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap hasil pengukuran dapat disimpan dengan benar, tanpa mengalami kehilangan data (data loss) atau gangguan sistem. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi sinkronisasi antara proses penyimpanan dan tampilan data pada perangkat keras yang digunakan. Keberhasilan dari pengujian ini menjadi indikator

bahwa sistem mampu menjalankan fungsinya secara optimal, baik dari segi pencatatan, penyimpanan, maupun penyajian data secara langsung di lapangan.



Gambar 3. 5 Diagram Alur Pengujian
Sumber : Dokumen Pribadi