

LAPORAN TUGAS AKHIR
PROTOTIPE

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* RPM DAN
TRACKING POSISI PADA *PROTOTYPE RC BOAT HIGH
SPEED SINGLE HULL (MONOHULL)* BERBASIS ESP32 DAN
GPS NEO 6M**



ARIEF YUDHISTIA AKBAR
NIT 22.36.307.3.004

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

LAPORAN TUGAS AKHIR
PROTOTIPE

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* RPM DAN
TRACKING POSISI PADA *PROTOTYPE RC BOAT HIGH
SPEED SINGLE HULL (MONOHULL)* BERBASIS ESP32 DAN
GPS NEO 6M**



ARIEF YUDHISTIA AKBAR
NIT 22.36.307.3.004

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARIEF YUDHISTIA AKBAR

Nomor Induk Taruna : 22 36 307 3 004

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* RPM DAN *TRACKING*
POSISI PADA *PROTOTYPE RC BOAT HIGH SPEED SINGLE HULL*
(*MONOHULL*) BERBASIS ESP32 DAN GPS NEO 6M**

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

SURABAYA, 16 Juli 2026



ARIEF YUDHISTIA AKBAR
NIT 22.36.307.3.004

ABSTRAK

Arief Yudhistia Akbar, Rancang Bangun Sistem *Monitoring* RPM Dan *Tracking* Posisi Pada *Prototype Rc Boat High Speed Single Hull (Monohull)* Berbasis ESP32 Dan GPS Neo 6M. Dibimbing oleh Ibu Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc sebagai pembimbing 1 dan ST. Hariati Buchari, S.Pd., M.Hum selaku pembimbing 2.

Monitoring dan tracking boat high speed single hull (monohull) merupakan sistem yang dikembangkan untuk mendukung pengoperasian kapal tanpa awak pada berbagai kegiatan seperti patroli maritim, pemantauan lingkungan, penelitian, dan misi penyelamatan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem *monitoring* dan *tracking* berbasis ESP32 dan GPS Neo 6M pada *Prototype boat high speed single hull (monohull)* sehingga posisi kapal dan kondisi operasional dapat dipantau secara *real-time*. *Prototype* kapal menggunakan baterai LiPo 2000 mAh sebagai sumber daya dan motor BLDC sebagai sistem propulsi. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian (*R&D*) *ADDIE* melalui pengujian statis dan dinamis tanpa kelompok kontrol. Hasil pengujian statis menunjukkan sistem kontrol memiliki jangkauan efektif hingga ± 15 m dengan rentang putaran motor 1600–1650 RPM, serta daya tahan operasional baterai sekitar ± 15 menit. Hasil pengujian dinamis menunjukkan *Prototype* mampu menempuh jarak 10 m dengan waktu tempuh rata-rata 3,2 detik dan respon kontrol 0,2–0,5 detik, serta mencapai kecepatan rata-rata ± 3 m/s pada rute pengujian A–B–C–A sepanjang $\pm 34,1$ m. Selain itu, perbandingan *propeller 2-blade* dan *3-blade* menunjukkan *propeller 3-blade* menghasilkan peningkatan *thrust* maksimum sebesar +25–35% (dari ± 78 g menjadi ± 105 g) serta efisiensi maksimum sebesar +15–25% (dari $\pm 4,0$ g/W menjadi $\pm 4,8$ – $5,0$ g/W) dibandingkan *propeller 2-blade*, kecepatan rata-rata lebih tinggi yaitu 3,0 m/s berbanding 2,3 m/s. Hasil pengujian *error tracking* rata-rata sistem *tracking* GPS sebesar 2,56 m dengan persentase *error* 4,27%, sehingga tingkat akurasi posisi mencapai 95,73%. Perhitungan *Froude Number* menggunakan kecepatan hasil pengujian ($V = 3$ m/s) dan panjang garis air *Prototype* ($L = 0,80$ m), diperoleh nilai $F_n = 1,07 > 1,0$ mengkonfirmasi bahwa *Prototype* beroperasi pada mode *planing* sesuai dengan tujuan perancangan. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang mampu mendukung proses *monitoring* dan *tracking* kapal secara efektif dan layak sebagai pengembangan teknologi kapal kendali jarak jauh berbasis sistem elektronik dan monitoring *real-time*.

Kata Kunci : Kapal *remote control*, *single hull*, *Monitoring & Tracking*, ESP 32, GPS, *Node-Red*

ABSTRACT

Arief Yudhistia Akbar, Design and Build RPM Monitoring and Position Tracking System on Prototype RC Boat High Speed Single Hull (Monohull) Based on ESP32 and GPS Neo 6M. Guided by Mrs. Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc as supervisor 1 and ST. Hariati Buchari, S.Pd., M.Hum as supervisor 2.

Monitoring and tracking of high speed single hull (monohull) boats is a system developed to support the operation of unmanned vessels in various activities such as maritime patrols, environmental monitoring, research, and rescue missions. This research aims to design and build a monitoring and tracking system based on ESP32 and GPS Neo 6M on the Prototype boat high speed single hull (monohull) so that the position of the ship and operational conditions can be monitored in real-time. The ship's prototype uses a 2000 mAh LiPo battery as the power source and a BLDC motor as the propulsion system. The research method used is ADDIE research (R&D) through static and dynamic testing without a control group. Static test results show that the control system has an effective range of up to ± 15 m with a motor rev range of 1600–1650 RPM, as well as a battery operating life of about ± 15 minutes. Dynamic test results showed that the Prototype was able to travel 10 m with an average travel time of 3.2 seconds and a control response of 0.2–0.5 seconds, and achieved an average speed of ± 3 m/s on test routes A–B–C–A along ± 34.1 m. In addition, a comparison of the 2-blade and 3-blade propellers showed that the 3-blade propeller resulted in an increase in thrust maximum efficiency of +25–35% (from ± 78 g to ± 105 g) and maximum efficiency of +15–25% (from ± 4.0 g/W to ± 4.8 – 5.0 g/W) compared to 2-blade propellers, with an average speed of 3.0 m/s compared to 2.3 m/s. The results of the GPS tracking system's average error tracking test were 2.56 m with an error percentage of 4.27%. So that the position accuracy rate reaches 95.73%. The calculation of the Froude Number using the speed of the test result ($V = 3$ m/s) and the length of the Prototype waterline ($L = 0.80$ m), obtained a value of $F_n = 1.07 > 1.0$ confirms that the Prototype operates in planing mode in accordance with the design objectives. Based on these results, the system designed is able to support the process of monitoring and tracking ships effectively and feasible as the development of remote control ship technology based on electronic systems and real-time monitoring.

Keywords : Remote control ship, single hull, Monitoring & Tracking, ESP 32, GPS, Node-Red

KATA PENGANTAR

Kami panjatkan puji syukur atas kehadiran Allah Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat, karunia, hidayah dan inayah-Nya. Atas pemberian-Nya saya dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini dengan judul :

“RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* RPM DAN *TRACKING* POSISI PADA *PROTOTYPE RC BOAT HIGH SPEED SINGLE HULL (MONOHULL)* BERBASIS ESP32 DAN GPS NEO 6M”.

Karya ilmiah terapan ini saya susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat membantu memperlancar proses pembuatan. Pada kesempatan ini saya sampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, antara lain kepada

1. Bapak Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dirhamsyah. S.E., M.Pd selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Ibu Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ibu ST. Hariati B., S.Pd., M. Hum. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan berupa doa, moral, dan material.
6. Rekan - rekan saya yang selalu mendukung dan membantu saya.

Saya sadar bahwa karya ilmiah terapan yang saya susun ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan dan semoga karya ilmiah terapan yang saya susun dapat bermanfaat.

SURABAYA, 2026

ARIEF YUDHISTIA AKBAR
NIT 22.36.307.3.004

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR PROTOTYPE.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR PROTOTYPE.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan masalah	3
C. Tujuan penelitian	4
D. Batasan Masalah	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori.....	9

BAB III	METODE PENELITIAN	26
	A. Jenis Penelitian.....	26
	B. Perancangan Sistem	27
	C. Sistem Kerja.....	36
	D. Perancangan Alat	39
	E. Rencana Pengujian.....	41
	1. Pengujian Statis.....	41
	2. Pengujian Dinamis	45
	F. Parameter Pengujian	47
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	50
	A. Hasil Pengujian	50
	1. Pengujian Statis.....	50
	2. Pengujian Dinamis	64
	B. Analisis Karakteristik High speed	71
	C. Analisis Data	77
BAB V	PENUTUP.....	88
	A. Simpulan	88
	B. Saran	91
	DAFTAR PUSTAKA.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	<i>Review Penelitian Sebelumnya</i>	6
Tabel 3. 1	Tabel Perancangan	32
Tabel 3. 2	Parameter Pengujian Dinamis.....	46
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Statis	51
Tabel 4. 2	Hasil Pengujian <i>Electronic Speed Controller (ESC)</i>	52
Tabel 4. 3	Hasil Pengujian ESP 32	54
Tabel 4. 4	Hasil Pengujian Sensor RPM.....	56
Tabel 4. 5	Hasil Pengujian Motor (Tanpa Beban)	57
Tabel 4. 6	Hasil Pengujian Servo Kemudi.....	59
Tabel 4. 7	Hasil Pengujian Baterai.....	60
Tabel 4. 8	Hasil Pengujian Koneksi Rangkaian.....	61
Tabel 4. 9	Hasil Pengujian GPS Neo-9M	62
Tabel 4. 10	Hasil Pengujian <i>Dashboard Node-Red</i>	63
Tabel 4. 11	Hasil Pengujian Skenario Uji Air	64
Tabel 4. 12	Hasil Variasi Kondisi Pengujian.....	65
Tabel 4. 13	Perbandingan <i>Waypoint Setpoint</i> vs Posisi Aktual GPS – Skenario 1 (Air Tenang).....	67
Tabel 4. 14	Perbandingan <i>Waypoint Setpoint</i> vs Posisi Aktual GPS – Skenario 2 (Air Beriak Ringan)	68
Tabel 4. 15	Perbandingan <i>Waypoint Setpoint</i> vs Posisi Aktual GPS – Skenario 3 (Beban Tambahan 0,5 kg).....	68
Tabel 4. 16	Rekapitulasi <i>Error</i> Rata-rata Ketiga Skenario Pengujian.....	69
Tabel 4. 17	Hasil Pengujian <i>Error Tracking</i>	71
Tabel 4. 18	Perbandingan Spesifikasi <i>Propeller 35 mm 2-Blade</i> vs 48 mm 3- <i>Blade</i>	73
Tabel 4. 19	Hasil Uji Kecepatan dan Waktu Tempuh <i>Propeller 2 Blade</i> vs 3 <i>Blade</i> (Rute A–B–C–A)	75
Tabel 4. 19	Hasil Pengujian Dinamis <i>Prototype RC Boat</i>	82
Tabel 4. 20	Data Pengujian Berulang	82

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Infografis Perbandingan <i>Propeller</i> 35 mm 2- <i>Blade</i> vs 48 mm 3- <i>Blade</i>	74
Grafik 4. 2 Diagram Perbandingan Kecepatan dan Waktu Tempuh <i>Propeller</i> 2 <i>Blade</i> vs 3 <i>Blade</i> (Rute A–B–C–A)	76
Grafik 4. 2 Respon Kontrol RC <i>Boat</i>	83
Grafik 4. 3 RPM Motor <i>Prototype</i> RC <i>Boat</i>	83
Grafik 4. 4 Respon Kontrol RC <i>Boat</i>	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Alur Tahapan Perancangan Desain	10
Gambar 2. 2	Desain <i>Prototype USV</i>	11
Gambar 2. 3	Boat <i>Single hull (Monohull)</i>	13
Gambar 2. 4	Baterai <i>Gens Ace 14.8 V</i>	15
Gambar 2. 5	<i>Travo Step Down</i>	16
Gambar 2. 6	ESP 32.....	16
Gambar 2. 7	Sensor <i>Infrared</i>	17
Gambar 2. 8	GPS Neo 6M	18
Gambar 2. 9	ESC <i>Brushless V3</i>	19
Gambar 2. 10	Motor <i>Engine O.S Spek 3</i>	19
Gambar 2. 11	<i>Propeller x447 Sharpened</i>	20
Gambar 2. 12	Servo Futaba.....	21
Gambar 2. 13	<i>Rudder</i>	22
Gambar 2. 14	Aplikasi <i>Node-Red</i>	23
Gambar 3. 1	<i>Design 3D</i>	28
Gambar 3. 2	<i>Design dan Dimensi</i>	28
Gambar 3. 3	Rancangan <i>hull Boat single hull</i>	32
Gambar 3. 4	<i>Block Diagram Capstone Design</i>	33
Gambar 3. 5	<i>Block Diagram Tugas Akhir</i>	36
Gambar 3. 6	<i>Flowchart</i>	38
Gambar 3. 7	Rangkaian Wiring Diagram	39
Gambar 4. 1	<i>Electronic Speed Controller (ESC)</i>	52
Gambar 4. 2	ESP 32	53
Gambar 4. 3	Data Hasil ESP 32.....	54
Gambar 4. 4	Sensor RPM	55
Gambar 4. 5	Data Sensor RPM.....	55
Gambar 4. 6	Motor BLDC	56
Gambar 4. 7	Servo Kemudi	58
Gambar 4. 7	Sudut Servo Kemudi	58
Gambar 4. 9	Baterai LiPo	59
Gambar 4. 10	Koneksi Rangkaian RPM.....	60
Gambar 4. 11	Denah Pengujian <i>Tracking GPS – Rute A→B→C→A</i> di Kolam Latih Politeknik Pelayaran Surabaya	66

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Perkembangan teknologi maritim saat ini mendorong pemanfaatan kapal tanpa awak atau *Unmanned Surface Vehicle* (USV) dalam berbagai kegiatan operasional di perairan. Teknologi ini banyak digunakan untuk mendukung patroli keamanan maritim, pemantauan lingkungan, penelitian oseanografi, observasi biota laut, serta operasi pencarian dan penyelamatan. Penggunaan kapal tanpa awak dinilai lebih efisien karena mampu beroperasi pada area yang sulit dijangkau dan memiliki tingkat risiko tinggi bagi manusia.

Dalam pengoperasiannya, kapal tanpa awak memerlukan sistem *monitoring* dan *tracking* yang mampu memberikan informasi kondisi kapal secara *real-time*. Informasi tersebut meliputi posisi kapal, kecepatan pergerakan, kondisi sistem propulsi, serta param operasional lainnya yang dibutuhkan untuk mendukung keselamatan dan efektivitas pengoperasian kapal. Tanpa adanya sistem *monitoring* dan *tracking* yang memadai, pengguna akan mengalami kesulitan dalam memantau kondisi kapal selama beroperasi di perairan.

Seiring perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), sistem *monitoring* dan *tracking* dapat dikembangkan menggunakan mikrokontroler yang memiliki kemampuan komunikasi data secara nirkabel. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan adalah ESP32 karena memiliki fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth* yang memungkinkan pengiriman data secara *real-time*. Selain

itu, penggunaan modul GPS Neo 6M memungkinkan sistem mengetahui posisi kapal berdasarkan data koordinat yang diterima dari satelit GPS sehingga proses pelacakan kapal dapat dilakukan dengan lebih akurat.

Pada pengoperasian *Prototype* boat *high speed single hull (monohull)*, kemampuan *monitoring* dan *tracking* menjadi aspek penting untuk mengetahui posisi kapal serta kondisi operasional selama pengujian berlangsung. *Prototype* kapal berkecepatan tinggi memiliki karakteristik pergerakan yang cepat sehingga diperlukan sistem yang mampu menampilkan informasi secara langsung agar pengguna dapat memantau performa kapal dengan lebih efektif. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem *monitoring* dan *tracking* yang mampu bekerja secara *real-time* dan memiliki tingkat akurasi yang baik.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengembangan kapal tanpa awak dan sistem kendali berbasis mikrokontroler. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem navigasi dan pengendalian kapal, sedangkan penelitian yang mengintegrasikan *monitoring* RPM motor, *tracking* posisi kapal menggunakan GPS Neo 6M, serta visualisasi data melalui dashboard *Node-Red* pada *Prototype* boat *high speed single hull (monohull)* masih terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan sistem *monitoring* dan *tracking* yang lebih terintegrasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis merancang *Prototype* boat *high speed single hull (monohull)* yang menggunakan baterai LiPo 2000 mAh sebagai sumber daya, motor BLDC sebagai sistem propulsi, ESP32 sebagai pusat pengendali, GPS Neo 6M sebagai sistem tracking, serta *Node-Red* sebagai media *monitoring* data secara *real-time*. Sistem ini diharapkan mampu

memberikan informasi posisi kapal dan kondisi operasional secara akurat selama proses pengujian berlangsung.

Melalui penelitian ini dilakukan perancangan dan pengujian sistem *monitoring* dan *tracking* pada *Prototype* boat *high speed single hull (monohull)* untuk mengetahui kinerja sistem yang dikembangkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi kapal tanpa awak berbasis *Internet of Things* (IoT), khususnya pada sistem *monitoring* dan *tracking* yang mendukung efektivitas pengoperasian kapal.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* RPM Dan *Tracking* Posisi Pada *Prototype Rc Boat High Speed Single Hull (Monohull)* Berbasis ESP32 Dan GPS Neo 6M”.

B. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat peneliti tarik kesimpulan, agar lebih memudahkan dalam pembahasan bab-bab berikutnya maka masalah yang akan dibahas dalam karya ilmiah terapan ini adalah

1. Bagaimana merancang *Prototype monitoring* dan *tracking boat high speed single hull (monohull)* yang stabil dan efisien ?
2. Bagaimana performa sistem *monitoring* dan *tracking* berbasis ESP32 dan GPS dalam menampilkan data posisi dan kondisi operasional kapal secara *real-time* ?

C. Tujuan penelitian

Tujuan dari penulisan karya ilmiah terapan ini adalah:

1. Merancang dan mengembangkan *Prototype monitoring dan tracking boat high speed single hull (monohull)* yang stabil dan efisien dalam pengoperasiannya.
2. Mengetahui performa sistem *monitoring dan tracking* berbasis ESP32 dan GPS dalam menampilkan data posisi dan kondisi operasional kapal secara *real-time*.

D. Batasan Masalah

Peneliti menetapkan batasan-batasan agar penelitian tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan yang direncanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan *Prototype monitoring dan tracking boat high speed single hull (monohull)* berbasis ESP32 dan GPS..
2. Sistem *monitoring* yang digunakan hanya meliputi *monitoring* posisi kapal, kecepatan putaran motor (RPM), dan kondisi operasional kapal secara *real-time*.

E. Manfaat Penelitian

1. Secara Teoritis
 - a. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pustaka tentang pengembangan teknologi *monitoring dan tracking* pada *Prototype* kapal *high speed single hull (monohull)*.

- b. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi maritim dan pelatihan di era digitalisasi dalam bidang robotika, kontrol, dan teknologi maritim.
2. Secara praktis
- a. Bagi peneliti, penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan keterampilan dalam merancang sistem *monitoring* dan *tracking* kapal berbasis ESP32 dan GPS..
 - b. Bagi Politeknik Pelayaran Surabaya, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi kapal tanpa awak berbasis *monitoring* dan *tracking system*.
 - c. Bagi peneliti lainnya, penelitian ini dapat dijadikan acuan dan bahan pengembangan dalam penelitian yang berkaitan dengan *smart boat*, *monitoring system*, dan *tracking* kapal berbasis IoT.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Review Penelitian merupakan kumpulan dari penelitian – penelitian sebelumnya yang dibuat oleh orang lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Peneliti harus belajar dari peneliti lain, untuk menghindari duplikasi dan pengulangan penelitian atau kesalahan yang sama seperti yang dibuat oleh peneliti sebelumnya seperti Tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2. 1 *Review* Penelitian Sebelumnya
Sumber : Diolah Peneliti

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	(Aji Luhur M, 2017)	Analisis perbedaan performa pada kapal ikan dengan mengubah bentuk <i>monohull</i> menjadi katamaran, “jurnal teknik perkapalan” vol.5, Jan 2017	Menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan signifikan, dimana hasil analisa stabilitas yang memiliki stabilitas paling baik adalah katamaran dengan S/L 0,35 dengan GZ dalam kondisi kosong yaitu 1,682 m, setengah penuh 1,803 m, dan penuh 1,748 m.	Pada penelitian ini akan menggunakan stabilitas yang sangat baik dengan kondisi penuh di kisar 1,689 m.
2.	(E. S. Hadi et al., 2013)	Analisa performa <i>Hullfrom</i> pada pra perancangan <i>speed boat</i> katamaran untuk search and rescue (SAR) di pantai gunung kidul Yogyakarta berbasis CFD, “jurnal ilmu pengetahuan dan teknologi	Dapat diketahui pada saat kapal berjalan dengan kecepatan tinggi maka ketinggian aliran <i>fluida</i> atau gelombang air yang ditimbulkan akan lebih besar dari kapal yang berjalan dengan kecepatan rendah.	Pada penelitian ini akan menggunakan desain lambung <i>high speed monohull</i> yang jauh lebih fleksibel dalam hal manuverabilitas dan sangat cocok untuk operasional diruang yang lebih sempit.

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
		kelautan”, vol.9, Jan 2013		
3.	(Savitsky Daniel, 2003)	<i>On The Subject Of High-speed Monohulls</i>	Penelitian ini membahas evolusi hidrodinamika dari bentuk <i>monohull</i> dasar; menjelaskan karakteristik geometris dan operasional dari lambung tipe perpindahan unik yang memiliki kecepatan maksimum 50 knot, efisiensi pengangkutan hampir dua kali lipat dari 50 knot yang ada kapal dan memenuhi persyaratan operasional yang disarankan untuk kapal pengangkat laut berkecepatan tinggi.	Pada penelitian ini akan menggunakan bentuk kreasi <i>monohull</i> dengan gaya efisiensi terbaru kecepatan maksimum 60 knot, efisiensi pengangkutan hampir dua kali lipat dari 55 knot sehingga fluida yang berkaitan dengan operasi pada kecepatan tinggi dapat berfungsi dengan baik,
4.	(Siagian et al., 2022)	Studi literatur: Performa model kapal bentuk <i>monohull</i> , katamaran dan trimaran	Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dasar untuk memilih lambung kapal yang akan difabrikasi di masa mendatang, baik dari segi pariwisata, militer, dll. Hasil penelitian ini menunjukkan dari segi stabilitas kapal dengan lambung <i>monohull</i> memiliki stabilitas yang baik antara lain.	Pada penelitian ini akan menggunakan fabrikasi kreasi terbaru untuk menunjukkan kemampuan manuvernya bahkan hingga kinerja keseimbangan tersebut. Dari segi <i>seakeeping</i> , kapal <i>single hull</i> adalah yang terbaik jika terjadi kondisi <i>heaving</i> , <i>rolling</i> , dan <i>pitching</i> dari semua sudut heading.
5.	(Asral, & Adis, 2022)	Perancangan dan pengujian prototipe kapal ambulance Covid-19 tipe <i>monohull</i> elektrik untuk kompetisi kapal cepat tak berawak nasional, Vol. 17 No.1 2022	Pada kajian kali ini bahwa salah satu Solusi masalah dalam mengatasi Covid-19 di pulau terpencil adalah menggunakan kapal kendali jarak jauh untuk menjangkau, diharapkan inovasi kreasi kapal tak berawak elektrik tipe <i>monohull</i> dapat memecahkan Solusi.	Pada penelitian ini akan menggunakan sebuah kapal <i>high speed</i> Dengan menggunakan metode perbandingan optimasi dari kapal pembanding, didapatkan ukuran utama prototipe kapal yaitu LOA= 0,9 m, H= 0,25 m, B= 0,3 m, dan T= 0,07 m. Hasil perhitungan hidrostatik prototipe kapal memiliki <i>displacement</i> sebesar 5,139 kg dengan

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
				CB= 0,334. Untuk <i>seakeeping</i> prototipe kapal didapatkan nilai RAO yang paling tinggi pada sudut gelombang beam sea arah sisi prototipe kapal.

Berdasarkan kelima penelitian yang ditampilkan pada Tabel 2.1, yaitu penelitian oleh Aji Luhur M (2017), E. S. Hadi et al. (2013), Savitsky Daniel (2003), Josua Siagian dan I Nengah Putra Apriyanto (2022), serta Asral dan Adis (2022), terdapat persamaan dengan penelitian ini, yaitu sama-sama mengkaji desain lambung kapal tipe *single hull* (*monohull*) yang ditujukan untuk meningkatkan performa kapal pada kecepatan tinggi, baik dari segi stabilitas, hambatan (*resistance*), maupun karakteristik hidrodinamika lambung kapal. Kelima penelitian tersebut juga sama dengan penelitian ini dalam hal penggunaan prototipe atau model kapal sebagai objek kajian untuk merancang dan menguji performa kapal berlambung *monohull*.

Meskipun memiliki kesamaan tema lambung *monohull*, penelitian ini memiliki perbedaan dengan kelima penelitian tersebut. Aji Luhur M (2017) dan E. S. Hadi et al. (2013) menitikberatkan pada perbandingan performa *monohull* dengan katamaran, Savitsky Daniel (2003) berfokus pada evolusi hidrodinamika bentuk *monohull*, Josua Siagian dan I Nengah Putra Apriyanto (2022) membahas studi literatur perbandingan model lambung *monohull*, katamaran, dan trimaran, sedangkan Asral dan Adis (2022) berfokus pada perancangan prototipe kapal ambulans Covid-19 berlambung *monohull* elektrik. Berbeda dari kelima penelitian tersebut yang umumnya berfokus pada aspek desain, stabilitas, dan hambatan lambung, penelitian ini lebih difokuskan

pada pengembangan sistem *monitoring* dan *tracking* yang terintegrasi pada *Prototype Boat High Speed Single Hull (Monohull)* berbasis ESP32 dan GPS Neo 6M, dengan visualisasi data secara *real-time* melalui *dashboard Node-Red*, yang belum dibahas pada kelima penelitian sebelumnya.

B. Landasan Teori

Landasan teori digunakan sebagai sumber teori yang dijadikan dasar dari pada penelitian. Seperangkat definisi, konsep, serta proporsi yang telah disusun dengan rapi serta sistematis tentang *variable-variable* dalam sebuah penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar untuk memahami latar belakang dari timbulnya permasalahan secara sistematis.

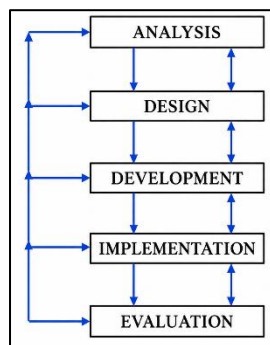
1. Definisi Rancangan

ancangan merupakan proses penyusunan konsep, desain, dan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan untuk mencapai tujuan tertentu. Tahap perancangan dilakukan setelah proses identifikasi kebutuhan sistem sehingga diperoleh gambaran mengenai bentuk, fungsi, serta cara kerja sistem yang akan dibangun.

Dalam penelitian ini, perancangan difokuskan pada pengembangan *Prototype monitoring* dan *tracking* boat *high speed single hull (monohull)* berbasis ESP32 dan GPS Neo 6M. Perancangan meliputi desain kapal, sistem propulsi, sistem *monitoring* RPM, sistem *tracking* posisi kapal, serta *dashboard monitoring* berbasis *Node-Red* yang digunakan untuk menampilkan data secara *real-time*. Pemilihan rancangan tersebut dilakukan karena mampu mendukung kebutuhan *monitoring* dan *tracking*

kapal secara lebih efektif selama pengoperasian berlangsung.

Adapun tahapan perancangan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi identifikasi kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), integrasi sistem *monitoring* dan *tracking*, serta pengujian kinerja *prototype*. Tahapan tersebut dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan sistem yang mampu bekerja secara optimal sesuai tujuan penelitian. Adapun alur tahapan perancangan desain yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat digambarkan melalui *flowchart* seperti Gambar 2.1 :



Gambar 2. 1 Alur Tahapan Perancangan Desain

Sumber : <https://images.app.goo.gl/yiLoMkzwaaTJmpQB6>

Pada gambar 2.1 tersebut berisi penjelasan mengenai alur tahapan perancangan desain mulai dari *analysis* sampai dengan *evaluation*.

2. *Prototype* Kapal USV

Prototype kapal *Unmanned Surface Vehicle* (USV) merupakan kapal tanpa awak yang dapat dikendalikan secara jarak jauh maupun otomatis menggunakan sistem elektronik dan mikrokontroler. Teknologi USV dikembangkan untuk mendukung berbagai kebutuhan maritim seperti patroli, *monitoring* perairan, penelitian laut, dan operasi penyelamatan. Sistem *monitoring* dan *tracking* berbasis ESP32 dan GPS memungkinkan

posisi serta kondisi operasional kapal dapat dipantau secara *real-time* sehingga meningkatkan efektivitas pengawasan kapal di perairan. Penelitian mengenai sistem pengawasan kapal tanpa awak berbasis ESP32 dan GPS telah diterapkan pada *Prototype Autonomous Tourism Surface Vessel* (ATSV) sebagai pengembangan teknologi kapal modern berbasis komunikasi nirkabel (Muhammad Bima Saktia Kharissena et al., 2024).

Pada penelitian ini, *Prototype* USV dikembangkan dalam bentuk *Prototype Boat* tipe *single hull (monohull)* dengan sistem propulsi motor BLDC serta *monitoring* berbasis ESP32 seperti Gambar 2.2. Desain *monohull* dipilih karena memiliki manuverabilitas yang baik dan mampu bergerak stabil pada kecepatan tinggi. Selain itu, penggunaan ESP32 pada sistem *monitoring* kapal dinilai mampu mendukung pengiriman data secara *real-time* dan meningkatkan efisiensi sistem pengawasan operasional kapal (Firmansyah et al., 2023). Berikut ilustrasi nya pada Gambar 2.2:



Gambar 2. 2 Desain *Prototype* USV

Sumber : <https://images.app.goo.gl/8KnAw5dFLuTKEcD47>

Pada gambar 2.2 tersebut merupakan penggambaran ilustrasi desain prototype USV yang akan digunakan pada penelitian ini.

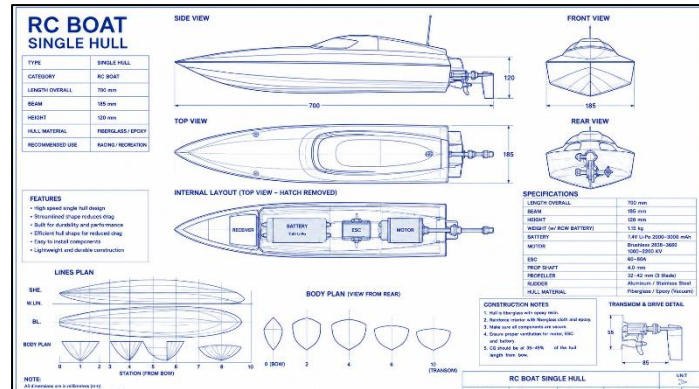
3. *Single hull (Monohull)*

Menurut Aziz (2022), *single hull (monohull)* adalah jenis desain lambung kapal yang memiliki satu lambung utama. Desain ini sering digunakan karena kesederhanaanya dan efisiensi dalam memotong air, sehingga menghasilkan performa yang baik diberbagai kondisi. *Monohull* memiliki stabilitas yang baik dalam perairan tenang dan mampu mencapai kecepatan tinggi dengan desain lambung yang sesuai.

Desain *single hull (monohull)* sering digunakan pada kapal cepat, kapal rekreasi, dan kapal komersial, serta menunjukkan kinerja hidrodinamika yang signifikan dalam mengurangi resistansi air dan meningkatkan performa aerodinamis laju kapal.

Dengan menggunakan metode perbandingan optimasi dari kapal pembanding, didapatkan ukuran utama prototipe kapal yaitu $LOA = 0,9$ m, $H = 0,25$ m, $B = 0,3$ m, dan $T = 0,07$ m. Hasil perhitungan hidrostatik prototipe kapal memiliki kelebihan *displacement* sebesar 5,139 kg dengan $CB = 0,334$. Nilai hambatan total prototipe kapal sebesar 31,42 N dan daya motor sebesar 428,77 W. Hasil stabilitas menunjukkan nilai GZ terbesar yaitu 11,26 m pada sudut swing 70 °. Untuk seakeeping prototipe kapal didapatkan nilai RAO yang paling tinggi pada sudut gelombang *beam sea* arah sisi prototipe kapal. Dari perancangan prototipe ini, diharapkan dapat dibuat dalam ukuran kapal yang sebenarnya. Jenis lambung yang digunakan yaitu *monohull*. Kajian ini dimulai dengan perhitungan ukuran utama, membuat rencana garis dan rencana umum, selanjutnya melakukan analisis hidrostatik, hambatan, stabilitas dan *seakeeping* kapal. perancangan dan

pengujian yang telah dilakukan, maka dalam kajian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode perancangan perbandingan optimasi dari kapal pembanding.



Gambar 2. 3 Boat *Single hull (Monohull)*

Sumber : Dokumen Pribadi

Pada Gambar 2.3 menunjukkan perangkat sistem bagian dalam *boat single hull* yang terdiri atas beberapa komponen seperti, servo, motor BLDC, *sensor infrared*, baterai LiPo, *travo step down*, ESP 32, GPS Neo 6M, ESC, *rudder*, *propeller*.

a. Pengaruh Desain Lambung terhadap Kecepatan

Desain lambung merupakan faktor paling dominan yang memengaruhi performa kecepatan kapal. Terdapat dua tipe lambung utama yang relevan dalam perancangan kapal cepat, yaitu:

1) *Monohull*

Merupakan tipe lambung tunggal yang paling umum digunakan pada kapal cepat. Bentuk lambungnya yang ramping memungkinkan kapal membelah air dengan hambatan minimal. Kelebihan *monohull* terletak pada kesederhanaannya dalam konstruksi dan kemampuannya beroperasi stabil pada berbagai kondisi perairan. Pada kecepatan tinggi, lambung *monohull* yang

dirancang dengan sudut *deadrise* yang tepat mampu memberikan keseimbangan antara stabilitas dan hambatan yang rendah.

2) *Planing hull*

Merupakan desain lambung yang dirancang agar kapal mampu “terangkat” dari permukaan air saat bergerak pada kecepatan tertentu, sehingga hambatan gesek dengan air berkurang secara signifikan. Pada mode planing ($F_n > 1,0$), sebagian besar berat kapal ditopang oleh gaya angkat hidrodinamis (*hydrodynamic lift*) dan bukan oleh gaya apung (*buoyancy*). Kondisi ini memungkinkan kapal mencapai kecepatan sangat tinggi dengan konsumsi daya yang lebih efisien dibandingkan saat berada pada mode *displacement*.

b. Faktor-Faktor Hambatan pada RC Boat

Hambatan kapal (*ship resistance*) adalah gaya yang melawan gerak maju kapal di perairan. Komponen utama hambatan kapal terdiri dari hambatan gesek (*frictional resistance*) yang timbul akibat gesekan antara permukaan lambung dengan air, hambatan gelombang (*wave-making resistance*) yang timbul dari energi yang digunakan untuk membentuk gelombang pada permukaan air, serta hambatan tekanan (*pressure resistance*). Pada kapal cepat, hambatan gelombang menjadi komponen dominan seiring meningkatnya kecepatan, sehingga optimasi desain lambung untuk meminimalkan hambatan total merupakan hal yang sangat krusial dalam perancangan kapal *high speed*.

4. Baterai LiPo

Baterai menyediakan daya untuk motor listrik. Baterai LiPo (*Lithium*

Polymer) adalah yang paling umum digunakan karena bahan tersebut sangatlah ringan dan memiliki sebuah kapasistas yang sangat tinggi. Seperti pada Gambar 2.4 untuk merek yang paling populer digunakan bahkan menjadi rekomendasi untuk yaitu adalah: merek *Venom*, *Gens Ace*, dan *Turnigy*.



Gambar 2. 4 Baterai *Gens Ace* 14.8 V

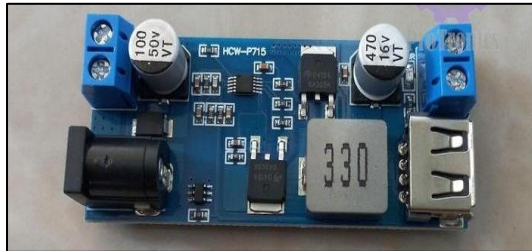
Sumber : <https://images.app.goo.gl/f8TmMj2Cup7aWTvw7>

Pada gambar 2.4 tersebut merupakan gambaran baterai yang akan digunakan sebagai daya untuk motor listrik pada penelitian ini.

5. *Travo Step Down* 12 V – 5 V

Travo 12 V – 5 V atau *step down converter* merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber daya utama menjadi tegangan yang lebih rendah sesuai kebutuhan komponen sistem seperti Gambar 2.5. Pada penelitian ini, *travo* digunakan untuk menurunkan tegangan baterai menjadi 5 V agar dapat menyuplai daya ke ESP32, sensor RPM, GPS, dan komponen *monitoring* lainnya secara stabil. Penggunaan *step down converter* sangat penting untuk menjaga kestabilan tegangan sehingga sistem elektronik dapat bekerja dengan aman dan optimal tanpa mengalami kerusakan akibat tegangan berlebih. Penelitian mengenai sistem catu daya digital berbasis mikrokontroler menjelaskan bahwa proses konversi tegangan DC diperlukan untuk menghasilkan suplai

daya yang stabil pada perangkat elektronika dan sistem *monitoring* (Pauzan, 2019). Berikut ilustrasinya pada gambar 2.5:



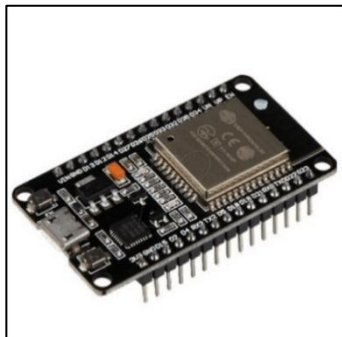
Gambar 2. 5 Travo Step Down

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 2.5 merupakan gambaran tentang travo step down merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber daya utama menjadi tegangan yang lebih rendah sesuai kebutuhan komponen sistem.

6. ESP 32

ESP32 seperti pada Gambar 2.6 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi fitur Wi-Fi dan Bluetooth untuk mendukung komunikasi dan pengendalian sistem secara nirkabel. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pengolah data dan *monitoring* RPM pada *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)*.



Gambar 2. 6 ESP 32

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 2.6 merupakan .gambaran perangkat ESP32 yang digunakan sebagai pengolah data dan *monitoring* RPM pada *Prototype*

remote control boat high speed single hull (monohull) pada penelitian ini.

7. Sensor Infrared

Sensor Infrared yang tertera pada Gambar 2.7 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor dalam satuan revolusi per menit (RPM). Pada penelitian ini, sensor *Infrared* digunakan untuk memantau kecepatan putaran motor pada *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)* secara *real-time*.



Gambar 2. 7 Sensor Infrared

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 2.7 merupakan .gambaran perangkat sensor infrared digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor dalam satuan revolusi per menit (RPM) pada penelitian ini.

8. GPS Neo 6M

GPS Neo 6M seperti pada Gambar 2.8 merupakan modul *Global Positioning System* (GPS) yang digunakan untuk mengetahui posisi koordinat suatu objek secara *real-time* berdasarkan data satelit. Modul ini mampu memberikan informasi berupa *latitude*, *longitude*, dan kecepatan sehingga banyak digunakan pada sistem navigasi dan *tracking* berbasis mikrokontroler. Pada penelitian ini, GPS Neo 6M digunakan sebagai sistem *tracking* untuk memantau posisi *Prototype remote control boat high speed*

single hull (monohull) selama pengoperasian di perairan.

Data koordinat yang diperoleh dari GPS kemudian diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada sistem *monitoring* secara *real-time*. Penelitian mengenai sistem *tracking* berbasis ESP32 dan GPS Neo 6M menunjukkan bahwa modul GPS mampu mendeteksi koordinat lokasi dengan baik serta mendukung sistem *monitoring* kendaraan secara *real-time* (Alfith et al., 2025).



Gambar 2. 8 GPS Neo 6M
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 2.8 merupakan .gambaran perangkat GPS Neo 6M yang digunakan sebagai sistem *tracking* untuk memantau posisi *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)* selama pengoperasian di perairan pada penelitian ini.

9. *Electronic Speed Controller (ESC)*

ESC mengontrol kecepatan dan arah putaran motor. ESC harus sesuai dengan jenis motor yang digunakan (*brushless* atau *brushed*). Untuk merek yang populer biasanya digunakan di setiap kreatifitas pada Gambar 2.9 yaitu: *Hobbywing*, *Castle Creations*, dan *Traxxas*.



Gambar 2. 9 ESC *Brushless* V3

Sumber : <https://images.app.goo.gl/GkmeXygshVroPguK7>

Pada gambar 2.9 merupakan .gambaran perangkat ESC yang mengontrol kecepatan dan arah putaran motor pada penelitian ini.

10. Motor BLDC

Motor sebuah komponen utama yang menggerakkan perahu. Terdapat dua jenis motor yang digunakan yaitu : motor Listrik (*brushless dan brushed*) dan mesin pembakaran dalam (nitro atau gas). Untuk merek yang paling populer untuk sebuah *brushless* atau *brushed* seperti yang dijelaskan Gambar 2.10 *Tamiya* dan *Castle Creations*, dan untuk nitro atau gas yaitu adalah: dengan merek *Zenoah* dan *O.S Engines*.



Gambar 2. 10 Motor Engine O.S Spek 3

Sumber : <https://images.app.goo.gl/5UTHcYw43bHTkqpk6>

Pada gambar 2.10 merupakan .gambaran Motor Engine O.S Spek 3 yang merupakan sebuah komponen utama yang menggerakkan perahu pada penelitian ini.

11. *Propeller*

Baling-baling yang mengubah tenaga dari motor menjadi dorongan untuk menggerakkan perahu. Pemilihan *propeller* yang tepat sangat penting untuk efisiensi dan kecepatan perahu seperti yang tertera pada Gambar 2.11. Merek yang digunakan adalah: *Octura*, *Prather*, dan *Graupner*.



Gambar 2. 11 *Propeller* x447 Sharpened

Sumber : <https://images.app.goo.gl/8KnAw5dFLuTKEcD47>

Pada gambar 2.11 merupakan .gambaran *Propeller* x447 Sharpened yang merupakan sebuah komponen baling-baling yang mengubah tenaga dari motor menjadi dorongan untuk menggerakkan perahu.

a. Pengaruh *Propeller* terhadap Kecepatan Kapal

Propeller atau baling-baling merupakan komponen sistem propulsi yang berperan mengubah energi putaran motor menjadi gaya dorong (*thrust*) untuk menggerakkan kapal. Pemilihan *propeller* yang tepat sangat berpengaruh terhadap kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh kapal. Param *propeller* yang paling berpengaruh terhadap performa kapal meliputi diam *propeller*, *pitch* (jarak maju teoritis per putaran), jumlah daun (*blade*), dan material *propeller*.

b. Hubungan RPM terhadap Kecepatan kapal

Hubungan antara putaran motor (RPM) dengan kecepatan kapal dipengaruhi langsung oleh karakteristik *propeller* yang digunakan. Semakin tinggi nilai *pitch propeller*, maka kapal berpotensi mencapai

kecepatan lebih tinggi pada RPM yang sama. Namun, *pitch* yang terlalu besar dapat menyebabkan motor bekerja terlalu berat (*over-pitch*) sehingga RPM turun dan efisiensi berkurang. Sebaliknya, *pitch* yang terlalu kecil (*under-pitch*) menyebabkan motor berputar sangat cepat namun gaya dorong yang dihasilkan tidak optimal. Pada *Prototype RC Boat high speed single hull (monohull)* dalam penelitian ini, *propeller* x447 Sharpened dipilih karena memiliki karakteristik yang sesuai untuk beroperasi pada kecepatan tinggi dengan motor BLDC, sehingga dapat mencapai mode planing dengan hambatan minimal.

12. Motor Servo

Motor servo ialah sebuah motor kecil yang menggerakkan kemudi untuk mengarahkan perahu. Servo biasanya dikendalikan oleh *receiver* yang menerima sinyal dari *transmitter*. Seperti salah satu contoh motor servo ditunjukkan pada Gambar 2.12 yang merupakan merk futaba.



Gambar 2. 12 Servo Futaba

Sumber : <https://images.app.goo.gl/oVN2mUrcy6FUEdgp8>

Pada gambar 2.12 merupakan .gambaran motor servo yang merupakan sebuah motor kecil yang menggerakkan kemudi untuk mengarahkan perahu.

13. Rudder

Rudder atau kemudi kapal seperti pada Gambar 2.13 merupakan komponen yang berfungsi untuk mengatur arah gerak kapal di perairan

dengan mengubah arah aliran air pada bagian belakang kapal. Pada *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)*, *rudder* dikendalikan menggunakan motor servo yang terhubung dengan *transmitter* dan *receiver* sehingga manuver kapal dapat dilakukan secara presisi. Penggunaan *rudder* sangat penting untuk menjaga stabilitas arah dan meningkatkan kemampuan manuver kapal saat bergerak dengan kecepatan tinggi (Mardiansyah, 2021).



Gambar 2. 13 *Rudder*

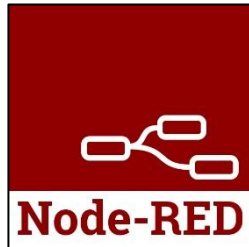
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 2.13 merupakan gambaran *Rudder* atau kemudi kapal yang berfungsi untuk mengatur arah gerak kapal di perairan dengan mengubah arah aliran air pada bagian belakang kapal.

14. *Node-Red*

Node-Red seperti pada Gambar 2.14 merupakan aplikasi berbasis *flow programming* yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan *Internet of Things* (IoT) secara visual. *Node-Red* mempermudah proses *monitoring* dan pengolahan data melalui sistem *drag and drop* sehingga pengguna tidak perlu membuat program yang kompleks. Pada penelitian ini, *Node-Red* digunakan sebagai *dashboard monitoring* untuk menampilkan data GPS, RPM motor, dan kondisi operasional *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)* secara

real-time. Data dari ESP32 akan dikirim ke *Node-Red* sehingga pengguna dapat memantau sistem kapal dengan lebih mudah dan efisien. Penggunaan *Node-Red* pada sistem *monitoring* IoT mampu membantu visualisasi data sensor secara langsung dan mendukung *monitoring* berbasis *real-time*.



Gambar 2. 14 Aplikasi *Node-Red*

Sumber : <https://sl1nk.com/k0ypt5o>

Pada gambar 2.14 merupakan software aplikasi *Node-Red* yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan *Internet of Things* (IoT) secara visual.

15. Kapal *High speed*

Kapal *high speed* atau kapal cepat merupakan jenis kapal yang mampu beroperasi pada kecepatan tinggi melebihi batas kecepatan kapal konvensional. Menurut *International Maritime Organization* (IMO), kapal cepat didefinisikan sebagai kapal yang mampu mencapai kecepatan maksimum dalam satuan m per detik (m/s) melebihi nilai $3,7 \times \nabla^{0,1667}$, dimana ∇ (nabla) adalah volume displasemen dalam m kubik. Kapal cepat umumnya diklasifikasikan berdasarkan nilai *Froude Number* (F_n) yang menggambarkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya gravitasi pada badan kapal yang bergerak di permukaan air (Fathuddiin & Samuel, 2021).

Berdasarkan nilai *Froude Number*, kapal cepat *monohull* diklasifikasikan ke dalam tiga mode operasi, yaitu: (1) Mode *displacement*

($F_n < 0,4$) di mana kapal bergerak dengan cara memindahkan volume air yang setara dengan beratnya; (2) Mode *semi-planing* ($0,4 < F_n < 1,0$) di mana kapal mulai mendapatkan gaya angkat hidrodinamis; dan (3) Mode *planing* ($F_n > 1,0$) di mana lambung kapal terangkat hampir seluruhnya dari permukaan air sehingga hambatan air berkurang secara signifikan. Kapal *high speed single hull* umumnya beroperasi pada rentang *Froude Number* $0,3 < F_n < 1,7$ (Fathuddiin & Samuel, 2021). Pada penelitian ini, *Prototype RC Boat high speed single hull* dirancang untuk beroperasi pada mode *planing* sehingga mampu mencapai kecepatan tinggi dengan hambatan yang minimal.

High speed Boat atau kapal cepat merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk beroperasi pada kecepatan tinggi di atas permukaan air. Karakteristik utama kapal jenis ini mencakup desain lambung yang aerodinamis, sistem propulsi bertenaga tinggi, serta rasio berat terhadap daya (*power-to-weight ratio*) yang tinggi. Menurut *International Maritime Organization* (IMO), kapal dikategorikan sebagai kapal cepat apabila mampu mencapai kecepatan yang melebihi nilai $3,7 \times \nabla^{0,1667}$ m per detik, di mana ∇ merupakan volume displasemen kapal dalam m kubik.

Terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi kecepatan kapal, antara lain: (1) desain lambung (*hull design*) yang menentukan besar kecilnya hambatan hidrodinamis saat kapal bergerak di perairan; (2) sistem propulsi yang mencakup jenis motor dan *propeller* yang digunakan; (3) berat total kapal termasuk muatan; serta (4) kondisi perairan seperti kedalaman air, arus, dan angin. Pemahaman terhadap faktor-faktor ini

sangat penting dalam perancangan *Prototype* kapal cepat agar mampu mencapai performa kecepatan yang optimal.

16. *Froude Number* (Fn)

Froude Number (Fn) merupakan bilangan tak berdimensi yang digunakan dalam hidrodinamika kapal untuk menyatakan perbandingan antara gaya inersia dan gaya gravitasi pada fluida yang bergerak di permukaan bebas. *Froude Number* berperan penting sebagai param untuk mengklasifikasikan apakah sebuah kapal termasuk dalam kategori kapal cepat atau non-cepat berdasarkan karakteristik aliran yang ditimbulkan selama bergerak di perairan (Glen et al., 2023).

Nilai *Froude Number* yang tinggi menunjukkan bahwa hambatan gelombang (*wave-making resistance*) menjadi komponen hambatan yang dominan dibandingkan hambatan gesek. Pada kapal cepat dengan $Fn > 0,4$, hambatan gelombang meningkat secara signifikan sehingga desain lambung harus mempertimbangkan karakteristik hidrodinamis untuk meminimalkan hambatan total. Penggunaan *Froude Number* sangat penting dalam perancangan dan pengujian *Prototype* kapal *high speed single hull* untuk memastikan performa kecepatan yang optimal sesuai karakteristik lambung yang digunakan (Fathuddiin & Samuel, 2021)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Peneliti memilih untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Metode *Research and Development* (R&D) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2017). Penelitian ini berfokus pada perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem secara sistematis. *Prototype* yang telah dirancang dan dikembangkan diuji performanya melalui serangkaian pengujian terstruktur. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengembangan produk dan pengujian kinerja sistem secara langsung setelah implementasi.

Dalam penelitian ini, pendekatan *Research and Development* (R&D) diterapkan dengan cara merancang, membangun, dan menguji *monitoring dan tracking boat high speed single hull (monohull)* dengan sistem yang dirancang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, GPS Neo 6M sebagai sistem *tracking* posisi kapal, sensor RPM untuk *monitoring* putaran motor BLDC, serta *Node-Red* sebagai media *monitoring* data secara *real-time*.

Selain menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D), penelitian ini juga menerapkan pendekatan *mixed method* (metode campuran) untuk memperkuat proses analisis data yang dihasilkan. *Mixed method* merupakan pendekatan penelitian yang menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif secara bersamaan dalam satu rangkaian penelitian, dengan tujuan

memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif dibandingkan apabila hanya menggunakan salah satu metode saja.

Pada penelitian ini, data kuantitatif diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung selama pengujian *Prototype*, seperti kecepatan kapal, nilai RPM motor BLDC, serta titik koordinat posisi kapal yang tercatat melalui GPS Neo 6M. Sementara itu, data kualitatif diperoleh dari hasil observasi dan analisis deskriptif terhadap performa, kestabilan, serta keandalan sistem *monitoring* dan *tracking* selama proses pengujian berlangsung. Penggabungan kedua jenis data tersebut digunakan untuk saling melengkapi, sehingga hasil pengujian *Prototype* dapat dijelaskan secara terukur sekaligus dimaknai secara mendalam.

B. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini, penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)*. Dalam desain ini, *Prototype* yang telah dirancang dan dikembangkan langsung diberikan perlakuan berupa pengujian statis dan pengujian dinamis, kemudian hasilnya diobservasi dan dianalisis tanpa adanya kelompok kontrol. Proses perancangan sistem dilakukan secara sistematis meliputi tahap perancangan *hardware* dan *software*, implementasi sistem, hingga tahap pengujian dan evaluasi hasil (Sugiyono, 2017) dan (N. P. Hadi, 2020).

Dalam penelitian ini, pendekatan *Research & Development (R&D)* diterapkan dalam proses perancangan dan pengujian *Prototype monitoring* dan *tracking boat high speed single hull (monohull)* berbasis ESP32 dan GPS Neo 6M. Sistem yang dirancang bertujuan untuk memantau posisi kapal, kecepatan

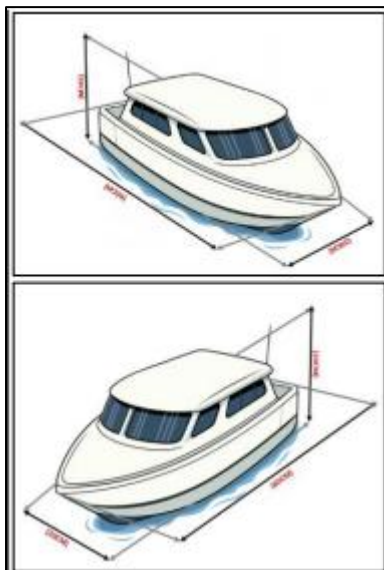
putaran motor (RPM), serta kondisi operasional kapal secara *real-time* melalui *dashboard Node-Red* sehingga sistem *monitoring* dan *tracking* dapat bekerja secara optimal, stabil, dan efisien. Pada tahap ini, disajikan gambaran umum mengenai model perancangan sistem seperti yang tertera pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3. 1 *Design 3D*

Sumber: Dokumentasi Peneliti

Pada gambar 3.1 merupakan gambaran *design 3D* yang merupakan gambaran umum mengenai model perancangan sistem.



Gambar 3. 2 *Design dan Dimensi*

Sumber: Dokumentasi Peneliti

Pada gambar 3.2 juga menjelaskan bagaimana gambaran *design* dan dimensi yang merupakan gambaran umum mengenai model perancangan sistem.

Adapun tahapan penelitian yang diterapkan dalam pendekatan *Research and Development (R&D)* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang melatarbelakangi penelitian, yaitu kebutuhan akan sistem *monitoring* dan *tracking* kapal berbasis ESP32 dan GPS Neo 6M yang mampu menampilkan data posisi dan kondisi operasional secara *real-time*. Selain itu, dilakukan studi literatur terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *Prototype* kapal RC, sistem *monitoring* berbasis mikrokontroler, serta teknologi GPS untuk mendukung landasan teoritis penelitian ini.

Analisis sistem dilakukan untuk mengetahui kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada *Prototype monitoring* dan *tracking boat high speed single hull (monohull)*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap sistem propulsi kapal, sistem *monitoring* berbasis ESP32, sistem *tracking* GPS Neo 6M, serta media *monitoring Node-Red*. Analisis juga dilakukan terhadap kebutuhan komunikasi data *real-time* agar informasi posisi kapal, RPM motor, dan kondisi operasional dapat ditampilkan secara akurat dan stabil selama pengoperasian kapal berlangsung.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam analisis tersebut :

1) Sistem Propulsi

- a) Motor BLDC : digunakan sebagai penggerak utama kapal karena memiliki putaran tinggi dan efisiensi yang baik.
- b) ESC : digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor sesuai input kontrol.
- c) *Propeller*: Berfungsi mengubah putaran motor menjadi gaya dorong kapal.
- d) Baterai: Kapasitas baterai (mAh) menentukan durasi operasional. Baterai LiPo biasanya digunakan karena ringan dan memiliki densitas energi tinggi.

2) Sistem *Monitoring*

- a) EPS 32 : digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengolah data *monitoring* .
- b) Sensor RPM : digunakan untuk membaca kecepatan putaran motor.
- c) Pengiriman data *Real-time* : Data *monitoring* dikirim menuju *dashboard* secara langsung.

3) Sistem *Tracking*

- a) GPS Neo 6M : digunakan untuk membaca koordinat posisi kapal.
- b) Pembacaan Koordinat : sistem membaca data *latitude* dan *longitude* kapal.
- c) Akurasi Posisi : digunakan untuk memastikan data posisi kapal tetap stabil dan akurat.

4) Sistem *Dashboard Monitoring*

- a) *Node-Red* : Digunakan sebagai *dashboard monitoring* berbasis

Aplikasi.

- b) Tampilan *Monitoring* : Menampilkan data RPM, GPS, dan kondisi sistem.
- c) Mempermudah pengguna memantau kondisi kapal secara *real-time*.

5) Stabilitas Kapal

- a) Desain *Single hull (Monohull)* : digunakan karena memiliki manuver dan stabilitas yang baik.
- b) Distribusi Beban : Dilakukan agar keseimbangan kapal tetap terjaga.
- c) Keseimbangan Kapal : Digunakan untuk menjaga stabilitas kapal saat bergerak.

b. Perancangan dan Pengembangan Sistem

Dalam tahap ini dilakukan perancangan *Prototype* kapal, sistem *monitoring* , dan sistem *tracking* yang digunakan pada penelitian. Perancangan meliputi desain *hull* kapal, sistem *monitoring* berbasis ESP32, GPS Neo 6M, serta *dashboard Node-Red* agar *Prototype monitoring* dan *tracking boat high speed single hull (monohull)* dapat bekerja secara *real-time*, stabil, dan efisien. Berikut adalah komponen perancangan dalam penelitian ini:

1) Desain kapal *Single hull (Monohull)*]

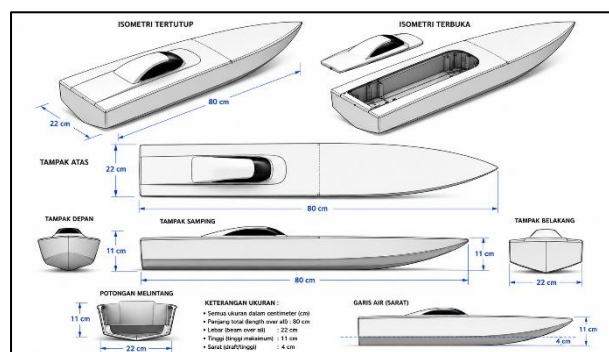
Desain *prototipe speed boat single hull* melibatkan rancangan dan pengembangan model awal dari kapal cepat (*speed boat*) berjenis *single hull* yang beroperasi secara otomatis atau semi-otomatis dengan menggunakan teknologi robotika. Hal ini tertuang didalam tabel 3.1 ini:

Tabel 3. 1 Tabel Perancangan

Sumber : Diolah Peneliti

Bentuk Perancangan	Range
Panjang total (<i>length over all</i>)	80 cm
Lebar (<i>beam over all</i>)	22 cm
Tinggi (<i>depth moulded</i>)	11 cm
Sarat (<i>draught</i>)	4 cm

Seperti yang dikatakan penulis (Sulistyawati & Suranto, 2017) ukuran utama kapal dirancang dengan mempertimbangkan pengaruhnya terhadap kecepatan dan stabilitas kapal tersebut. Maka *Electric Remote Control high speed Single hull* memiliki ukuran utama yang tertera pada tabel 3.1, kemudian bentuk *bottom* dibagian belakang kapal semi-U dengan *flat bottom* pada bagian Tengah sudut kemiringan sekitar 20° dengan maksud untuk memudahkan kapal bergerak dengan kecepatan tinggi dan mengurangi banyaknya benturan pada bagan kapal pada saat sedang memecah ombak seperti Gambar 3.2 dibawah ini.

Gambar 3. 3 Rancangan *hull Boat single hull*

Sumber: Data Pribadi

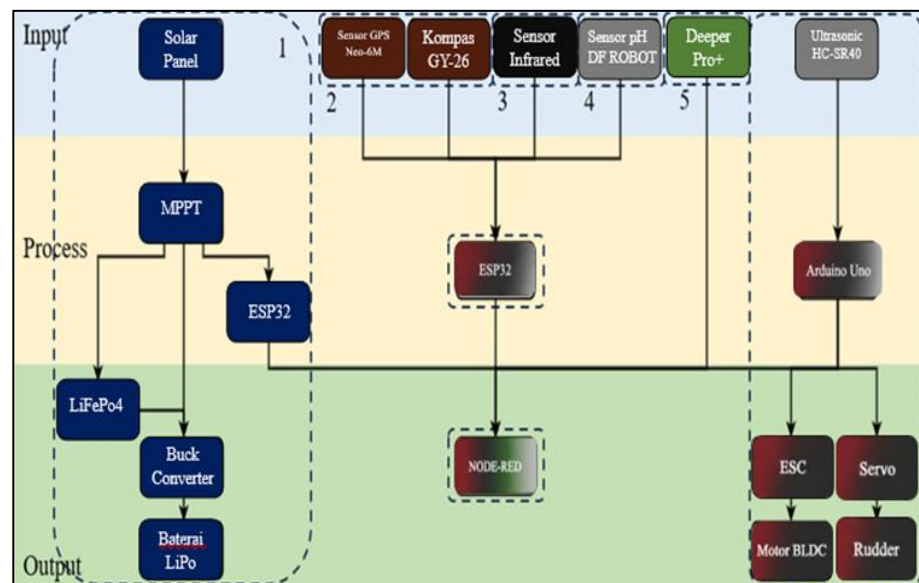
Pada gambar 3.3 menjelaskan bagaimana gambaran perancangan *hull boat single hull* yang merupakan gambaran mengenai model perancangan sistem.

c. Implementasi Sistem (Perlakuan / Treatment)

Pada tahap ini dilakukan perakitan dan implementasi seluruh

komponen sistem ke dalam *Prototype RC Boat* yang telah dirancang sebelumnya. Seluruh komponen elektronik seperti ESP32, GPS Neo 6M, sensor RPM, motor BLDC, ESC, servo kemudi, dan baterai LiPo dirangkai sesuai dengan wiring diagram yang telah dibuat. Program *monitoring* dan *tracking* diunggah ke ESP32 dan sistem *dashboard Node-Red* dikonfigurasi untuk menerima data secara *real-time*. Tahap ini merupakan tahap pemberian perlakuan (*treatment*) terhadap *Prototype* sebelum dilakukan pengujian.

1) Block Diagram



Gambar 3. 4 Block Diagram Capstone Design

Sumber: Data Pribadi

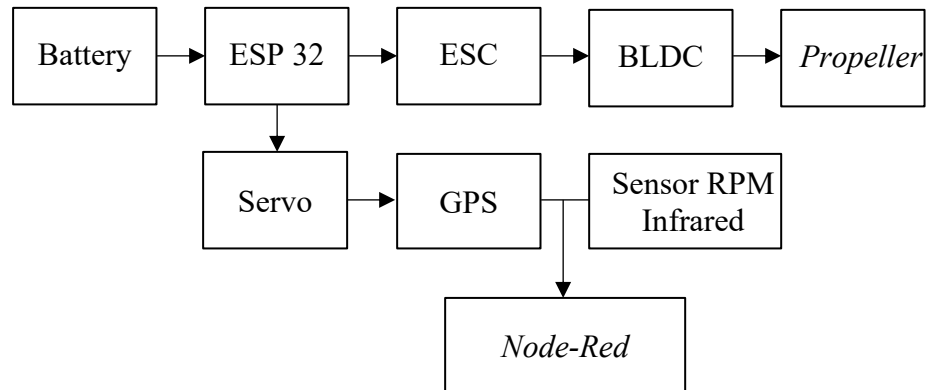
Berdasarkan diagram blok pada *capstone design* Gambar 3.4 di atas, berikut penjelasan setiap komponen secara urut mulai dari tahap input, proses, hingga output:

- a) Solar Panel berfungsi sebagai sumber energi input yang menangkap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik untuk mengisi daya sistem.

- b) MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) berperan pada tahap proses untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan solar panel sebelum disalurkan ke ESP32 dan sistem baterai.
- c) LiFePO₄ merupakan baterai penyimpan energi yang menerima daya dari keluaran MPPT sebagai cadangan sumber daya sistem.
- d) Buck Converter berfungsi menurunkan tegangan keluaran dari baterai LiFePO₄ ke level tegangan yang sesuai sebelum diteruskan ke baterai LiPo.
- e) Baterai LiPo menjadi keluaran akhir (*output*) dari jalur kelistrikan yang menyimpan energi hasil pengaturan Buck Converter untuk menyuplai kebutuhan daya keseluruhan sistem.
- f) Sensor GPS Neo-6M berperan sebagai input yang membaca posisi (koordinat *latitude* dan *longitude*) kapal secara real-time dan mengirimkan datanya ke ESP32.
- g) Kompas GY-26 berfungsi sebagai input pembaca arah mata angin (*heading*) kapal, yang datanya dikirimkan ke ESP32 untuk mendukung proses tracking posisi.
- h) Sensor Infrared digunakan sebagai input untuk membaca kecepatan putaran motor (RPM) dan mengirimkan datanya ke ESP32 untuk keperluan monitoring kecepatan.
- i) Sensor pH DF Robot berperan sebagai input yang membaca tingkat keasaman (pH) air di sekitar kapal, kemudian datanya diteruskan ke ESP32 untuk diproses.
- j) Deeper Pro+ merupakan perangkat input yang berfungsi mengukur

kedalaman air di bawah kapal secara mandiri sebagai data pendukung kondisi perairan.

- k) ESP32 (kedua) berfungsi sebagai unit proses yang mengumpulkan dan mengolah data dari GPS Neo-6M, Kompas GY-26, Sensor Infrared, dan Sensor pH, kemudian meneruskannya ke Node-RED.
- l) Node-RED berperan sebagai keluaran (*output*) berupa dashboard yang menampilkan data monitoring posisi, RPM, pH, dan kedalaman air secara real-time kepada pengguna.
- m) Ultrasonic HC-SR40 berfungsi sebagai input yang mendeteksi jarak atau keberadaan objek/rintangan di sekitar kapal, dengan data yang dikirimkan ke Arduino Uno.
- n) Arduino Uno berfungsi sebagai unit proses yang mengolah data jarak dari sensor Ultrasonic HC-SR40 untuk menentukan perintah kendali arah dan kecepatan kapal.
- o) ESC (Electronic Speed Controller) menerima perintah dari Arduino Uno untuk mengatur kecepatan putaran Motor BLDC sebagai keluaran sistem propulsi.
- p) Servo menerima perintah dari Arduino Uno untuk menggerakkan Rudder (kemudi) sebagai keluaran sistem kendali arah kapal.
- q) Motor BLDC merupakan keluaran akhir dari jalur ESC yang menghasilkan tenaga penggerak (propulsi) kapal sesuai kecepatan yang diatur.
- r) Rudder menjadi keluaran akhir dari jalur Servo yang berfungsi sebagai kemudi untuk mengatur arah gerak kapal.



Gambar 3. 5 *Block Diagram Tugas Akhir*

Sumber: Diolah Peneliti

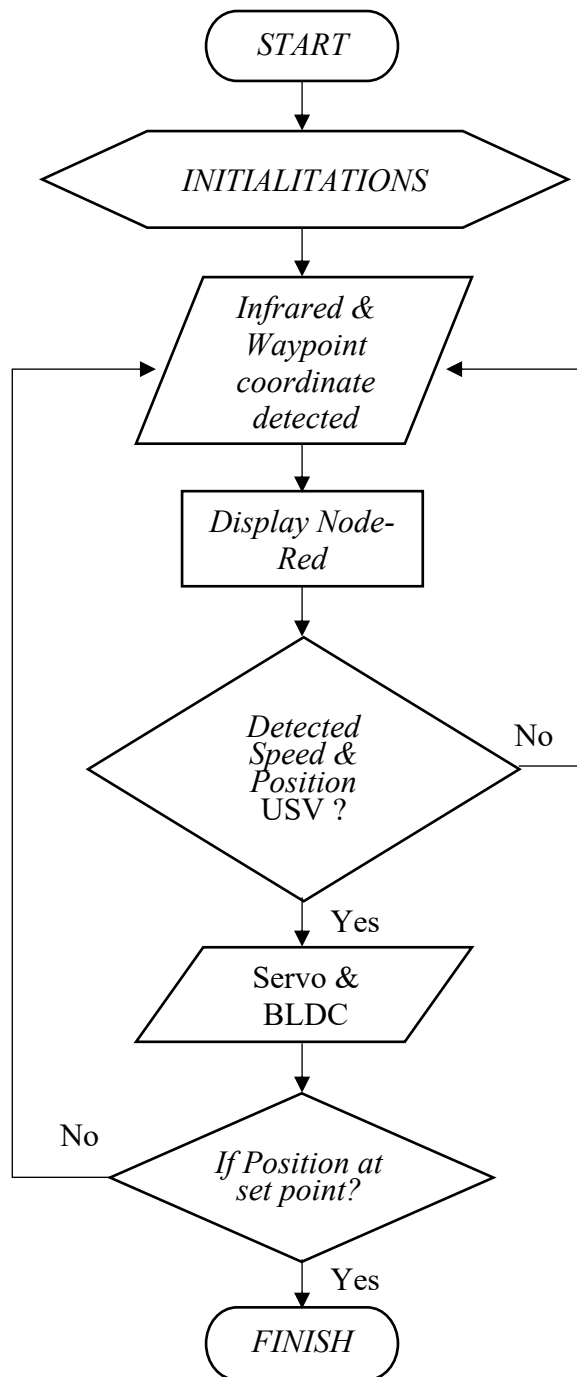
Berdasarkan Gambar 3.5, sistem RC *Boat single hull* ini bekerja melalui dua jalur utama, yaitu jalur *monitoring* dan jalur kendali. Pada jalur *monitoring*, data posisi dari GPS Neo-6M, arah dari Kompas GY-26, kecepatan putaran motor dari Sensor *Infrared*, dan tingkat keasaman air dari Sensor pH DF Robot diolah oleh ESP32 dan ditampilkan secara *real-time* melalui *dashboard* Node-RED, sementara *Deeper Pro+* mengukur kedalaman air secara mandiri sebagai data pendukung kondisi perairan. Pada jalur kendali, Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 mendeteksi jarak objek di sekitar kapal dan mengirimkan datanya ke Arduino Uno, yang selanjutnya mengatur ESC untuk menggerakkan Motor BLDC dan Servo untuk mengarahkan *Rudder*. Secara keseluruhan, diagram blok ini merepresentasikan alur kerja sistem RC *Boat single hull*, mulai dari pembacaan data sensor hingga proses *monitoring* dan pengendalian pergerakan kapal.

C. Sistem Kerja

Menurut Indrajani (2015), *flowchart* adalah diagram yang

menggambarkan langkah-langkah dan keputusan yang perlu dilakukan untuk melakukan suatu proses dalam bentuk sebuah simbol atau diagram standar. Flowchart digunakan untuk mendokumentasi, mempelajari, merencanakan, dan memperbaiki proses. Dalam contoh ini, proses dimulai dengan Tindakan pertama, diikuti oleh keputusan yang menentukan Tindakan berikutnya, dan berakhir setelah tindakan yang sesuai dilakukan.

Untuk memperjelas proses pengoperasian yang akan berjalan maka penulis akan membuat proses tersebut dalam bentuk *flowchart* seperti gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3. 6 *Flowchart*

Sumber: Data Pribadi

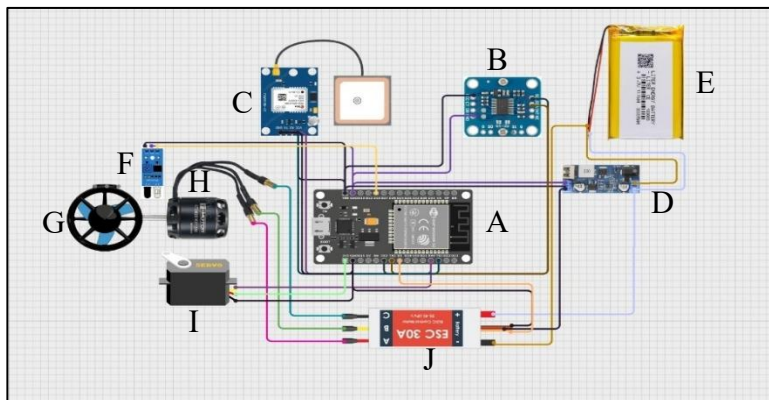
Pada gambar 3.6 menjelaskan bagaimana *flowchart* proses pengoperasian yang akan berjalan pada penelitian ini.

D. Perancangan Alat

Proses pembuatan kapal selain terdiri dari beberapa badan kapal juga terdiri dari proses pembuatan rangkaian elektronik pada badan kapal tersebut, yang berfungsi sebagai penggerak dan juga sumber tenaga untuk kapal dalam pengoperasiannya (M Daffa El-Khaq, 2024).

Perancangan alat dilakukan dengan mengintegrasikan sistem *monitoring*, *tracking*, dan sistem propulsi pada *Prototype boat high speed single hull (monohull)*. Sistem terdiri dari beberapa komponen utama seperti ESP32, GPS Neo 6M, sensor RPM, motor BLDC, ESC, dan baterai LiPo yang saling terhubung untuk mendukung proses *monitoring* dan *tracking* secara *real-time*. (Pasaribu R.T., et al, 2024).

1. Rangkaian Wiring Diagram



Gambar 3. 7 Rangkaian Wiring Diagram

Sumber: Data Pribadi

Keterangan :

A: ESP 32

B: Arduino Uno

C: GPS Neo 6M

D: Travo Step Down 12 V – 5 V

E: Baterai LiPo

F: *Sensor Infrared*

G: *Propeller*

H: Motor BLDC

I : Servo

J : *Electronic Speed Controller (ESC)*

2. Komponen Perancangan

a. ESP 32

ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengolah data sensor RPM dan mengirimkan data *monitoring* secara *real-time*. ESP32 bekerja pada tegangan 3,3–5 V serta mendukung komunikasi Wi-Fi dan Bluetooth.

b. Sensor RPM

Menggunakan sensor RPM tipe *infrared obstacle/speed* sensor dengan tegangan kerja 3,3–5 V. Sensor digunakan untuk membaca jumlah putaran motor secara *real-time* dan mengirimkan data ke ESP32 untuk proses *monitoring* kecepatan motor RC Boat.

c. GPS Neo 6M

Digunakan sebagai modul *tracking* untuk membaca koordinat posisi kapal berupa *latitude* dan *longitude* secara *real-time*. Data posisi kapal kemudian dikirimkan menuju sistem *monitoring* untuk ditampilkan pada *dashboard Node-Red*.

d. Motor BLDC

Digunakan 3 motor DC dengan 2 tipe berbeda yaitu dua motor DC 3 – 8 V dengan kecepatan 20.700 RPM.

e. *Electronic Speed Controller (ESC)*

ESC digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor BLDC sesuai kebutuhan sistem. Komponen ini berfungsi sebagai penghubung antara sumber daya dan motor agar sistem propulsi dapat bekerja secara stabil.

f. Baterai

Menggunakan baterai NI-Cd RC, dengan kapasitas 2000 mAh, dengan tegangan 7,2 V.

g. *Node-Red*

Node-Red digunakan sebagai *dashboard monitoring* berbasis IoT untuk menampilkan data *monitoring* dan *tracking* kapal secara *real-time*. *Dashboard* ini menampilkan informasi seperti data RPM motor, posisi GPS, dan kondisi operasional kapal.

E. Rencana Pengujian

Rencana pengujian pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan keefektifan dari *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)* yang telah dirancang. Pengujian dilakukan secara sistematis untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi serta untuk mengevaluasi performa kapal saat dioperasikan. Metode pengujian dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis.

1. Pengujian Statis

Pengujian statis merupakan pengujian yang dilakukan dalam kondisi kapal tidak bergerak atau belum dioperasikan di media air. Pengujian ini

bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem elektronik dan mekanik dapat berfungsi dengan baik sebelum dilakukan pengujian lanjutan. Selain itu, pengujian statis digunakan untuk meminimalisir kesalahan sistem saat pengoperasian. Adapun yang termasuk dalam pengujian statis adalah sebagai berikut:

a. Pengujian ESP 32

Pengujian statis pada ESP32 dilakukan untuk memastikan mikrokontroler dapat bekerja dengan baik sebelum diterapkan pada sistem *Prototype RC Boat*. Pengujian meliputi pengecekan koneksi daya, kestabilan pembacaan data sensor RPM, serta proses pengiriman data *monitoring* secara *real-time*. Selain itu, pengujian ini bertujuan memastikan ESP32 mampu menjalankan sistem sesuai program yang telah dirancang tanpa mengalami gangguan komunikasi maupun kesalahan pembacaan data.

b. Pengujian Sensor RPM

Pengujian statis pada sensor RPM dilakukan untuk memastikan sensor mampu mendeteksi dan membaca jumlah putaran motor dengan baik sebelum digunakan pada *Prototype RC Boat*. Pengujian meliputi pengecekan kestabilan pembacaan sensor, respon sensor terhadap putaran motor, serta proses pengiriman data ke ESP32 secara *real-time*. Pengujian ini bertujuan agar data RPM yang dihasilkan lebih akurat dan sesuai dengan kondisi putaran motor sebenarnya.

c. Pengujian GPS Neo 6M

Pengujian GPS Neo 6M dilakukan untuk mengetahui kemampuan

modul GPS dalam membaca koordinat posisi kapal secara *real-time*. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan GPS ke ESP32 dan mengamati data *latitude* dan *longitude* yang ditampilkan pada serial monitor maupun *dashboard monitoring*. Param yang diamati meliputi kestabilan sinyal, kecepatan pembacaan koordinat, dan akurasi posisi.

d. Pengujian Motor BLDC

Pada tahap ini, motor diuji dalam kondisi tanpa beban guna mengetahui performa dasar sebelum dipasangkan dengan *propeller*. Motor dijalankan dengan variasi kecepatan untuk melihat kestabilan putaran serta respon terhadap kontrol. Selama proses berlangsung, dilakukan pengamatan terhadap kecepatan putaran, konsumsi arus listrik, dan peningkatan suhu motor. Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk memastikan motor bekerja dengan baik serta tidak mengalami gangguan yang dapat mempengaruhi kinerja saat digunakan secara nyata.

e. Pengujian Servo Kemudi

Pengujian servo dilakukan untuk memastikan sistem kemudi mampu bekerja dengan presisi sesuai perintah yang diberikan. Servo dihubungkan dengan *receiver*, kemudian dikendalikan menggunakan *transmitter* untuk menghasilkan gerakan ke kiri dan ke kanan. Pergerakan ini diamati untuk melihat kesesuaian sudut belok serta kecepatan responnya. Selain itu, konsistensi gerakan juga diperhatikan agar tidak terjadi keterlambatan atau penyimpangan yang dapat mempengaruhi manuver kapal saat beroperasi di air.

f. Pengujian Baterai

Pengujian baterai bertujuan untuk mengetahui kondisi awal serta kestabilan daya yang dihasilkan selama digunakan. Tahap ini dimulai dengan mengukur tegangan awal baterai, kemudian baterai digunakan untuk menghidupkan sistem dalam kondisi statis. Selama penggunaan, dilakukan pengamatan terhadap penurunan tegangan serta durasi waktu yang mampu dicapai. Hasil dari pengujian ini memberikan gambaran mengenai kapasitas dan ketahanan baterai dalam mendukung operasional sistem secara keseluruhan.

g. Pengujian Koneksi Rangkaian

Pengujian ini difokuskan pada pemeriksaan seluruh jalur rangkaian elektronik untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pemasangan. Setiap sambungan diperiksa menggunakan alat ukur untuk melihat apakah arus dapat mengalir dengan baik tanpa hambatan yang tidak wajar. Selain itu, dilakukan pengecekan terhadap kemungkinan adanya sambungan longgar atau tidak stabil. Hasil dari pengujian ini sangat penting untuk mencegah gangguan sistem saat pengoperasian berlangsung.

h. Pengujian *Dashboard Node-Red*

Pengujian *dashboard Node-Red* dilakukan untuk memastikan data *monitoring* dari ESP32 dapat ditampilkan secara *real-time*. Pengujian meliputi tampilan data RPM, koordinat GPS, dan kondisi sistem pada *dashboard monitoring*. Selain itu dilakukan pengamatan terhadap *delay* pengiriman data dan kestabilan komunikasi selama sistem berjalan.

2. Pengujian Dinamis

a. Skenario Uji Air

Pengujian dinamis dilakukan dengan mengoperasikan kapal secara langsung di atas permukaan air untuk mengetahui performa sebenarnya. Kapal ditempatkan di perairan yang telah ditentukan, kemudian sistem diaktifkan dan dikendalikan dari jarak tertentu. Selama pengujian, kapal dijalankan dengan berbagai kecepatan serta dilakukan manuver seperti bergerak lurus, berbelok, dan berhenti. Proses ini dilakukan secara berulang untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan konsisten.

b. Variasi Kondisi Pengujian

Untuk mendapatkan hasil yang representatif, pengujian dilakukan dalam beberapa kondisi yang berbeda. Kapal diuji pada air yang relatif tenang untuk melihat performa dasar, kemudian dilanjutkan pada kondisi dengan gangguan ringan seperti riak air. Selain itu, dilakukan variasi beban untuk mengetahui pengaruh tambahan massa terhadap kinerja kapal. Pengujian juga dilakukan pada berbagai jarak kendali untuk memastikan sistem tetap responsif dalam kondisi yang berbeda.

c. Param Hasil Pengujian

Selama pengujian dinamis berlangsung, dilakukan pengamatan terhadap beberapa param utama untuk mengetahui performa *Prototype remote control boat high speed single hull (monohull)* secara menyeluruh. Param pengujian meliputi kecepatan kapal, stabilitas gerak kapal, respon kontrol kemudi, akurasi *tracking* GPS, *delay* pengiriman

data *monitoring* , serta daya tahan baterai selama pengoperasian. Data hasil pengujian diperoleh secara langsung melalui pengamatan di lapangan dan *monitoring real-time* menggunakan sistem berbasis ESP32 dan *Node-Red*. Adapun param pengujian dinamis yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3. 2 Parameter Pengujian Dinamis

Sumber : Diolah Peneliti

No	Parameter Pengujian	Satuan	Tujuan Pengujian
1	Kecepatan kapal	m/s atau km/jam	Mengetahui kemampuan laju kapal saat dioperasikan
2	Stabilitas kapal	Visual	Mengetahui keseimbangan kapal saat bergerak dan bermanuver
3	Respon kontrol	Detik	Mengetahui kecepatan respon kapal terhadap perintah <i>transmitter</i>
4	Akurasi GPS	M	Mengetahui ketepatan pembacaan posisi kapal
5	<i>Delay monitoring</i> data	Detik	Mengetahui keterlambatan pengiriman data <i>monitoring</i>
6	<i>Monitoring</i> RPM motor	RPM	Mengetahui kestabilan putaran motor saat kapal bergerak
7	Daya tahan baterai	Menit	Mengetahui lama waktu operasional sistem
8	Jangkauan kontrol	M	Mengetahui jarak efektif sistem kendali kapal

d. Perhitungan *Froude Number*

Dalam pengujian dinamis, *Froude Number* (F_n) digunakan sebagai param untuk mengevaluasi mode operasi *Prototype RC Boat high speed single hull* saat beroperasi di perairan. Perhitungan *Froude Number* dilakukan berdasarkan data kecepatan kapal yang diperoleh dari pengujian dinamis dan panjang garis air (*waterline length*) *Prototype* kapal. Rumus *Froude Number* yang digunakan adalah sebagai berikut (Glen et al., 2023) :

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{(g \times L)}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

Fn = *Froude Number* (tak berdimensi)

V = Kecepatan kapal (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

L = Panjang garis air kapal / *LOA Prototype* (m)

Untuk menganalisis karakteristik gerak kapal selama pengujian, digunakan *Froude Number* (Fn) yang dihitung menggunakan persamaan (1), dengan V sebagai kecepatan kapal (m/s), g sebagai percepatan gravitasi (9,81 m/s²), dan L sebagai panjang garis air kapal (*Length of Waterline/LOA Prototype*) (m). Selama pengujian dinamis, data RPM motor dan koordinat GPS ditampilkan secara *real-time* melalui *dashboard* Node-RED untuk memantau sistem *monitoring* dan *tracking*. Nilai *Froude Number* kemudian dihitung berdasarkan kecepatan aktual kapal untuk menentukan karakteristik operasinya, termasuk mengidentifikasi kondisi planing apabila nilai $Fn > 1$. Hasil perhitungannya akan dibahas pada BAB IV.

F. Parameter Pengujian

Dalam rangka memvalidasi karakteristik *high speed* pada *Prototype RC Boat single hull (monohull)*, dilakukan serangkaian pengujian khusus yang berfokus pada performa kecepatan dan sistem propulsi kapal. Param pengujian ini dirancang untuk menghasilkan data kuantitatif yang dapat dianalisis secara langsung dan dihubungkan dengan landasan teori pada BAB II, khususnya mengenai *Froude Number*, desain lambung *planing hull*, dan performa

propeller.

1. Pengujian Kecepatan Maksimum

Pengujian kecepatan maksimum dilakukan untuk mengetahui kecepatan tertinggi yang mampu dicapai oleh *Prototype* pada kondisi operasional di perairan. Pengujian ini dilaksanakan dengan mengoperasikan kapal pada *throttle* penuh dalam kondisi air tenang. Kecepatan kapal diukur menggunakan data GPS Neo 6M yang tercatat secara *real-time* melalui sistem *monitoring* berbasis ESP32. Hasil pengujian kecepatan maksimum kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan *Froude Number* untuk menentukan apakah *Prototype* beroperasi pada mode planing ($F_n > 1,0$) sesuai perancangan.

2. Pengujian RPM Motor

Pengujian RPM motor dilakukan untuk mengetahui kecepatan putaran motor BLDC pada berbagai kondisi *throttle*. Data RPM diperoleh secara *real-time* melalui sensor *Infrared* yang terpasang pada poros motor dan diteruskan ke sistem *monitoring* berbasis ESP32 untuk ditampilkan pada dashboard *Node-Red*. Pengujian ini mencakup variasi *throttle* mulai dari 25%, 50%, 75%, hingga 100% untuk mengetahui karakteristik putaran motor pada setiap kondisi operasional. Data RPM yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara kecepatan putaran motor dengan kecepatan translasi kapal di air.

3. Pengujian *Propeller*

Pengujian *propeller* dilakukan untuk mengevaluasi kinerja *propeller* x447 *Sharpened* yang digunakan pada *Prototype* dalam menghasilkan gaya

dorong yang optimal. Pengujian mencakup observasi terhadap getaran (vibrasi) *propeller* saat beroperasi, kondisi kavitasi, serta respons kapal pada perubahan *throttle*. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap efisiensi konversi putaran motor menjadi kecepatan kapal berdasarkan perbandingan data RPM dengan kecepatan aktual yang diperoleh dari GPS. Hasil pengujian *propeller* ini menjadi dasar evaluasi apakah spesifikasi *propeller* yang digunakan telah sesuai untuk performa *high speed* pada *prototype*.