TUGAS AKHIR

SISTEM KENDALI REMOT KONTROL PROTOTIPE KAPAL PLATFORM SUPPLY VESSEL (PSV) MENGGUNAKAN RADIO LINK RC 4GS V2 2,4G 4CH

Diajukan untuk memenuhi syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Elektro pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara

Oleh:

MIFTAH FARIZ NASUTION

NPM : 2207220070

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: MIFTAH FARIZ NASUTION
NPM	: 2207220070
Program Studi	: Teknik Elektro
Judul Skripsi	: Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe Kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2,4G 4CH
Bidang ilmu	: Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Juli 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

Dr. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., S.Pd., M.T.

Dosen Pembanding I/Penguji	Dosen Pembanding II/Penguji
Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd.	Benny Oktrialdi, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,

Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : MIFTAH FARIZ NASUTION

Tempat/Tgl Lahir : Medan, 13 November 2003

NPM : 2207220070

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

"Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe Kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2,4G 4CH"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Juli 2026

Saya yang menyatakan,



MIFTAH FARIZ NST

ABSTRAK

Perkembangan teknologi kendali jarak jauh (remote control) memberikan kemudahan dalam pengoperasian berbagai sistem, termasuk pada bidang transportasi laut skala kecil seperti prototipe kapal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal Platform Supply Vessel menggunakan radio link RC 4GS V2 berbasis frekuensi 2,4 GHz. Metode penelitian yang digunakan meliputi tahap perancangan sistem, realisasi perangkat keras, serta pengujian kinerja sistem. Sistem kendali terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu transmitter, receiver, Electronic Speed Controller (ESC), motor penggerak, dan servo motor sebagai pengendali kemudi. Transmitter berfungsi sebagai pemberi perintah, sedangkan receiver menerima sinyal dan meneruskannya dalam bentuk sinyal PWM untuk mengendalikan aktuator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang mampu bekerja dengan baik dan terintegrasi secara optimal. Pengujian jangkauan sinyal menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara stabil pada jarak dekat hingga menengah. Selain itu, pengujian respon kendali menunjukkan bahwa sistem memiliki respon yang cepat dan bekerja secara real-time. Pengujian stabilitas sinyal juga menunjukkan bahwa komunikasi antara transmitter dan receiver berlangsung secara konsisten tanpa gangguan yang signifikan pada kondisi normal. Pada pengujian keseluruhan sistem, prototipe kapal mampu bergerak maju dan bermanuver dengan baik sesuai dengan perintah operator. Dengan demikian, sistem kendali jarak jauh menggunakan RC 4GS V2 yang dirancang dalam penelitian ini dapat diimplementasikan secara efektif pada prototipe kapal PSV dan mampu memenuhi kebutuhan kendali yang stabil, responsif, dan akurat.

Kata kunci: Kendali jarak jauh, RC 4GS V2, Prototipe kapal, PWM, Sistem kendali

ABSTRACT

The development of remote control technology provides convenience in operating various systems, including in the field of small-scale maritime transportation such as ship prototypes. This study aims to design and implement a remote control system on a Platform Supply Vessel prototype using a 2.4 GHz frequency-based RC 4GS V2 radio link. The research methods used include the system design stage, hardware realization, and system performance testing. The control system consists of several main components, namely the transmitter, receiver, Electronic Speed Controller (ESC), drive motor, and servo motor as a steering controller. The transmitter functions as a command giver, while the receiver receives signals and forwards them in the form of PWM signals to control the actuator. The results of the study show that the designed control system is able to work well and is optimally integrated. Signal range testing shows that the system can work stably at short to medium distances. In addition, control response testing shows that the system has a fast response and works in real-time. Signal stability testing also shows that communication between the transmitter and receiver takes place consistently without significant interference under normal conditions. During the overall system test, the prototype vessel was able to move forward and maneuver effectively according to the operator's commands. Therefore, the remote control system using the RC 4GS V2 designed in this study can be effectively implemented on the PSV prototype vessel and is capable of meeting the requirements for stable, responsive, and accurate control.

Keywords: Remote control, RC 4GS V2, Ship prototype, PWM, Control system

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb.

Tidak ada kata lain untuk menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT kecuali ucapan syukur atas segala nikmat dengan curahan kasih sayang-nya atas selesainya penelitian ini dengan baik, dengan judul "*Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe Kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2.4G 4CH"*.

Penulisan penelitian ini dimaksudkan guna melengkapi sebagian persyaratan meraih gelar sarjana di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jurusan Teknik Elektro. Dalam menyusun penelitian ini penulis tidak dapat melupakan jasa orang-orang yang telah ikut berperan serta sehingga penelitian ini dapat selesai.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya, yakni Bapak M Syafi'i Nst dan Ibu Misbah, terima kasih telah memberikan dukungan moral dan material serta doa yang tidak pernah berhenti demi kelancaran anak untuk menulis skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal ST, M.Sc. PH.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Kepada Ibu Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Kepada Bapak Benny Oktrialdi, S.T., M.T., sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Kepada Bapak Assoc. Prof. Faisal Irsan Pasaribu S.T., S.Pd., M.T., sebagai Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknikelektroan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis seperjuangan: Azri Adlih, Baihaki Hamdi Sirait, Randa Amanda Sinulingga, Abdul Samin Hasibuan.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro B1 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala bentuk bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Kritik konstruktif dari pembaca sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan proposal selanjutnya. Akhir kata, semoga proposal ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca sekalian.

Medan,22 Juli 2026

Miftah Fariz Nasution

DAFTAR ISI

ABSTRAK 4

ABSTRACT 5

KATA PENGANTAR i

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Ruang Lingkup Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 5

1.6 Metode Penulisan 5

1.7 Sistematika Penulisan 6

BAB II 7

2.1 Kapal Platform Supply Vessel (PSV) 7

2.1.1 Pengertian Platform Supply Vessel (PSV) 7

2.1.2 Fungsi dan Peranan PSV 9

2.1.3 Karakteristik Umum PSV 11

2.2 Prototipe Kapal 15

2.2.1 Pengertian Prototipe 15

2.2.2 Fungsi Prototipe Dalam Penelitian 15

2.2.3 Protiotipe Kapal PSV 17

2.3 Sistem Kendali 18

2.3.1 Pengertian Sistem Kendali 18

2.3.2 Sistem Kendali Jarak Jauh 19

2.3.3 Sistem Kendali Pada Prototipe 22

2.4 Remote Control 22

2.4.1 Pengertian Remote Kontrol 22
2.4.2 Prinsip Kerja Remote Control..... 23
2.4.3 Fungsi Remote Control Dalam Penelitian 24
2.5 Radio Link..... 24
2.5.1 Pengertian Radio Link 24
2.5.2 Frekuensi 2,4GHz 26
2.5.3 Keunggulan Radio Link pada Sistem Kendali..... 28
2.6 Remote Control RC 4GS V2 2,4G 4CH..... 29
2.6.1 Spesifikasi Umum RC 4GS V2 29
2.6.2 Fungsi Channel Kendali..... 31
2.6.3 Alasan Pemilihan RC 4GS V2..... 33
2.7 Transmitter 33
2.7.1Pengertian Transmitter..... 33
2.7.2 Peran Transmitter dalam Sistem Komunikasi dan Kendali 33
2.7.3 Prinsip Kerja Transmitter..... 34
2.7.4 Komponen Utama Transmitter 34
2.7.5 Jenis-Jenis Transmitter 35
2.7.6Transmitter dalam Sistem Kendali Nirkabel 35
2.7.7Kelebihan dan Keterbatasan Transmitter..... 35
2.8 Receiver..... 36
2.8.1 Pengertian Receiver 36
2.8.2 Peran Reicever dalam Sistem Kendali..... 38
2.8.3 Integrasi Reicever dengan Akuator..... 39
2.9 Motor Penggerak dan Servo Motor 41
2.9.1 Motor Penggerak..... 41
2.9.2 Servo Motor 44

2.9.3 Hubungan Motor dan Sistem Kendali 46
2.10 Prinsip Kerja Sistem Kendali Prototipe Kapal PSV 47
BAB III 48
3.1 Waktu dan Tempat 48
3.1.1 Waktu 48
3.1.2 Tempat 48
3.2 Alat dan Bahan 48
3.2.1 Alat Pengujian 49
3.2.2 Bahan Pengujian 49
3.3 Perancangan Sistem 51
3.3.1 Diagram Blok Sistem 51
3.3.2 Prinsip Kerja Sistem 52
3.4 Perancangan Perangkat Sistem (Hardware) 52
3.4.1 Sistem Kendali Motor Penggerak 52
3.4.2 Sistem Kendali Kemudi 52
3.5 Prosedur Pengujian Sistem 52
3.5.1 Pengujian Koneksi Radio Link 52
3.5.2 Pengujian Motor Penggerak 52
3.5.3 Pengujian Servo Motor 52
3.5.4 Pengujian Keseluruhan Sistem 52
3.6 Teknik Pengumpulan DataData 53
3.7 Teknik Analisa Data 53
3.8 Diagram Alir Penelitian (Flowchart) 54
BAB IV 55
HASIL DAN PEMBAHASAN 55
4.1 Hasil Perancangan dan Realisasi Sistem 55

4.2.1 Integrasi Transmitter dan Receiver 56
4.2.2 Sistem Kendali Motor Penggerak..... 57
4.2.3 Sistem Kendali Kemudi (Servo Motor)..... 59
4.3 Hasil Pengujian Sistem..... 61
4.3.1 Pengujian Jangkauan Sinyal 61
4.3.2 Pengujian Respon Kendali..... 64
4.3.3 Pengujian Stabilitas Sinyal 66
4.3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem 68
4.4 Pembahasan Berdasarkan Rumusan Masalah 70
4.4.1 Perancangan Sistem Kendali 70
4.4.2 Integrasi Transmitter–Receiver dan Aktuator..... 70
4.4.3 Analisis Parameter Kinerja 72
4.4.4 Evaluasi Kinerja Sistem..... 72
4.5 Pembahasan Umum..... 73
BAB V..... 74
KESIMPULAN DAN SARAN..... 74
5.1 Kesimpulan..... 74
5.2 Saran..... 75
TINJAUAN PUSTAKA 76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kapal Psv 7
Gambar 2. 2 Desain Lambung dan Stabilitas 11
Gambar 2. 3 Deck Terbuka 12
Gambar 2. 4 Sistem Tangki Muatan Cair 12
Gambar 2. 5 Sistem Propulsi dan Manuver 13
Gambar 2. 6 Fasilitas Navigasi dan Keselamatan 14
Gambar 2. 7 Remote Control 22
Gambar 2. 8 Radio Link 24
Gambar 2. 9 Remote Control RC 4GS V2 2,4G 4CH 29
Gambar 2. 10 Diagram Blok Pemancar dan Penerima 33
Gambar 2. 11Receiver R6FG 36
Gambar 2. 12 Mesin Zenoah 41
Gambar 2. 13 Servo Motor 44
Gambar 3 1 Diagram Blok Sistem 51
Gambar 3 2 Flowchart 54
Gambar 4. 1 Grafik Jarak Terhadap Kondisi Sinyal 61
Gambar 4. 2 Pengujian Jangkauan Sinyal 62
Gambar 4. 3 Pengujian Motor Servo 64
Gambar 4. 4 Pengujian Stabilitas Remot 66
Gambar 4. 5 Pengujian Kapal Bergerak Maju 68
Gambar 4. 6 Pengujian Kapal Bermanuver 69
Gambar 4. 7 Konfigurasi dan Integrasi 70

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian 48
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem 61

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kendali remot untuk prototipe kapal Platform Suply Vessel (PSV) menggunakan radio link RC 4GS V2 2,4G 4CH dirancang sebagai solusi pengendalian jarak jauh yang stabil, responsif, dan mudah di oprasikan. Dengan memanfaatkan teknologi frekuensi 2,4 GHz, sistem ini mampu mengurangi interferensi sinyal dan memberikan jangkauan pengendalian yang lebih luas, sehingga cocok untuk pengujian manuver kapal skala kecil di kolam uji maupun perairan terbatas. Transmitter RC 4GS V2 menyediakan empat kanal utama yang dapat dialokasikan untuk mengendalikan motor penggerak, kemudi, maupun fungsi tambahan seperti thruster atau sistem penerangan pada prototipe kapal. Perkembangan teknologi disetiap bidang dalam kehidupan manusia sangatlah pesat yang bertujuan memudahkan pekerjaan manusia, terutama di bidang transportasi laut, maka inovasi penciptaan kapal untuk berlayar di laut ini semakin diperhatikan[1].

Penerapan sistem ini mendukung kebutuhan penelitian dan pengembangan desain kapal PSV, terutama dalam menguji kemampuan olah gerak, stabilitas, dan respons dinamika kapal sebelum diterapkan pada skala penuh. Dengan mengintegrasikan receiver, ESC, servo, dasn komponen elektronik lain secara tepat, prototipe kapal dapat dikendalikan secara real-time dengan tingkat presisi yang baik. Pengontrolan perangkat elektronik secara jarak jauh menggunakan koneksi jaringan nirkabel telah menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem kontrol di era revolusi industri 4.0. Penggunaan media[2].

Sebagai transmitter dilakukan dengan menghubungkannya ke modul penerima (receiver) sesuai wiring diagram, lalu diintegrasikan dengan Arduino Uno. Program sederhana digunakan untuk membaca sinyal dari tombol dan analog stick, kemudian hasil pembacaan ditampilkan melalui monitor serial[3].

Hal ini tidak hanya meningkatkan efektivitas proses pengujian, tetapi juga memungkinkan pengembangan fitur tambahan seperti mode keselamatan (fail-safe), sistem pemantau, dan kontrol otomatis untuk simulasi kondisi operasional di lapangan. Melalui penerapan perancangan tersebut, diharapkan dapat memaksimalkan stabilisasi yang mengoptimalkan kerja keseluruhan metode kendali. Dampak sangat penting terhadap pada waktu implementasi yang membutuhkan kepresisian akurat atau transmisi yang memerlukan pembacaan secara akurat pada perpindahan nilai rintangan[4].

Penggunaan radio kontrol 2,4 GHz dipilih karena menawarkan keunggulan stabilitas sinyal, tahan interferensi, serta jangkauan yang memadai untuk uji coba skala prototipe. Modul radio kontrol terdiri dari sistem transmitter dan receiver. Transmitter mengirimkan sinyal kontrol menuju receiver melalui channel yang dimiliki secara wireless. Radio transmitter mengirimkan sinyal-sinyal sesuai dengan posisi dari tiap kanal. Keluaran radio receiver dapat langsung digunakan untuk mengendalikan servo dan ESC karena sinyal radio receiver merupakan sinyal standar dalam dunia[5].

Permasalahan utama pada sistem remot dengan RC 4GS V2 umumnya berkaitan dengan stabilitas sinyal dan jangkauan kendali. Pada lingkungan pengujian kapal, permukaan air dapat memantulkan atau melemahkan gelombang 2,4 GHz, sehingga sinyal terkadang mengalami delay, putus-putus, atau kehilangan koneksi (fail-safe). Kondisi ini dapat menyebabkan respon motor dan kemudi tidak konsisten saat kapal bergerak agak jauh dari operator. Selain itu, keberadaan gangguan elektromagnetik dari motor, ESC, atau instalasi kelistrikan di dalam prototipe juga dapat menurunkan kualitas penerimaan sinyal pada receiver.

Sinyal tersebut kemudian diproses oleh pemancar (transmitter) untuk dikirimkan dalam bentuk gelombang radio ke penerima (receiver). Setelah diterima sinyal tersebut selanjutnya memgubah perintah tersebut menjadi gerakan mekanis sesuai instruksi yang di berikan oleh operator. Proses ini memungkinkan pengendalian perangkat dengan tingkat presisi yang tinggi menggunakan sistem radio kontrol[6].

Energi listrik dari baterai diharapkan bisa menggantikan energi fosil yang pada kondisi ini bisa menipis ketersediaannya. Proses sistem kendali dilakukan secara jarak jauh dengan kendali remote control[6]. [7]Berdasarkan kepraktisan tersebut maka dibuat benda yang dapat menyimpan sumber energi listrik dalam waktu tertentu. Perkembangan teknologi baterai telah mencuri perhatian yang tidak kecil dari kalangan produsen ekeltronik, diantaranya CE (Consumer Electronic). Cara kerja motor listrik sangat sederhana. Baterai yang menghasilkan listrik searah (DC) disalurkan pada motor Brushless DC untuk menghasilkan gerak mekanis memutar hasil interaksi antara listrik dan magnet[8].

Untuk menghasilkan gaya dorong baling-baling diputar dengan poros yang digerakkan oleh penggerak utama di ruang mesin yaitu motor listrik. Untuk menghasilkan kecepatan kapal yang konstan dan stabil, motor penggerak memutar baling-baling dengan kecepatan putar yang disesuaikan dengan kecepatan kapal yang diinginkan, walaupun terkadang terdapat kendala dalam pergerakan kapal berupa arus air atau hambatan lainnya[9].

Penelitian mengenai sistem kendali jarak jauh untuk prototipe kapal skala kecil sebelumnya umumnya berfokus pada penggunaan modul radio standar, seperti FlySky, FrSky, atau modul RC sederhana, yang hanya menekankan pada fungsi dasar seperti pengendalian motor dan kemudi. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum banyak membahas kinerja kontrol pada kapal jenis Platform Suply Vessel (PSV) yang memiliki karakteristik manuver dan kebutuhan pengendalian lebih kompleks, termaksud stabilitas arah dan respons terhadap kondisi perairan. Selain itu, mayoritas studi masih menekankan aspek mekanik atau desain hull, tanpa melakukan evaluasi mendalam terhadap keandalan sistem kendali real-time dalam skenario operasi prototipe.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun penelitian dengan judul "*Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Remot RC 4GS V2 2,4G 4CH"* yang dilakukan di lapangan percobaan, ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sistem kendali remot kontrol dapat mengendalikan jarak jauh secara stabil saat

beroprasi, maka pembahasan ini dapat ditentukan beberapa indikator dalam rumusan masalah ini yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem kendali jarak jauh yang dapat mengendalikan prototipe kapal PSV secara stabil dan responsif menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2.4G 4CH?
2. Bagaimana konfigurasi dan integrasi antara transmitter–receiver RC 4GS V2 dengan komponen penggerak prototipe kapal seperti motor, ESC, dan servo kemudi?
3. Apa saja parameter teknis yang perlu diuji untuk memastikan sistem kendali bekerja dengan baik, seperti jangkauan sinyal, keakuratan manuver, dan ketahanan terhadap interferensi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang didapat dari permasalahan di atas yaitu sebagai berikut:

1. Untuk merancang dan membangun sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal PSV menggunakan perangkat Radio Link RC 4GS V2 2,4G 4CH.
2. Untuk mengintegrasi transmitter dan reicever RC dengan komponen penggerak kapal seperti motor, ESC, dan Servo kemudi sehingga sistem dapat beroprasi secara optimal.
3. Untuk mengukur dan menganalisis kinerja sistem kendali, meliputi respons kendali, kestabilan sinyal, jangkauan operasional, serta ketepatan manuver kapal.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah di paparkan di atas, maka penelitian ini berfokus dari pokok permalasahan yang terjadi dalam rangka untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi akibat sistem kendali remot kontrol, maka di lakukan pembatasan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kendali jarak jauh untuk prototipe PSV (*Platform Supply Vessel*) yang mampu mengendalikan heading, kecepatan maju/mundur, dan manuver (belok) secara stabil dan

responsif.

2. Menyusun konfigurasi kabel, mapping channel, dan protokol sinyal antara transmitter RC (mis. RC 4GS V2 2,4G 4CH) dan reicever onboard sehingga dapat mengendalikan aktuator penggerak (motor/ESC, servo kemudi, thuster) secara akurat dan aman.
3. Mengukur jarak maksimum antara transmitter (TX) dab receiver (RX) sebelum terjadi dropout. Uji dalam kondisi area terbuka dan lingkungan penuh gangguan (bangunan/logam).

1.5 Manfaat Penelitian

Apapun manfaat penelitian yang ingin di capai penulis dalam pembuatan skripsi/tugas akhir ini adalah :

1. Menambah literatur dan referensi ilmiah mengenai sistem kendali jarak jauh untuk kapal kecil dan prototipe kapal kerja seperti PSV.
2. Menghasilkan konfigurasi integrasi yang tepat antara transmitter-reicever RC dengan motor, ESC, dan servo sehingga seluruh komponen dapat bekerja secara sinkron, aman, dan responsif.
3. Menghasilkan data kuantitatif mengenai kinerja sistem kendali, seperti latensi perintah, kecepatan respon throttle, dan akurasi gerak servo, sehingga sistem dapat dioptimalkan secara ilmiah.

1.6 Metode Penulisan

Adapun metode penulisan yang digunakan untuk mendapatkan data dalam membahas permasalahan sesuai dengan judul yang di atas adalah :

1. Studi literatur

   Metode ini dilakukan dengan pengumpulan data dari berbagai sumber tentang teori-teori yang mendukung dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Observasi

   Observasi dilakukan langsung dilokasi penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan.

3. Analisis

   Menghitung dan memahami data yang diperoleh sehingga dapat meyakinkan sistem berjalan dengan baik.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam upaya untuk mencapai pembuatan tugas akhir yang maksimal sehingga mencapai sebuah pemahaman ilmu pengetahuan. Maka penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika yang terdiri dari 5 bab, yang setiap bab nya memiliki penjelasan berdasarkan pengalaman kerja praktik di perusahaan pelayaran disusun secara berkesinambungan yang dalam pembahasannya merupakan satu rangkaian yang tidak terpisahkan, adapun sistematika penelitian tersebut disusun sebagai berikut :

a. BAB I PENDAHULUAN

   Dalam bab ini peneliti menjelaskan mengenai uraian dan penjelasan yang melatar belakangi pemilihan judul skripsi, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

   Dalam bab ini menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisikan teori dan gambaran pengetahuan yang ada saat ini sehingga disusun dalam satu kesatuan utuh untuk dijadikan landasan penyusunan kerangka pemikiran dan definisi tentang istilah lain dalam penelitian.

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

   Dalam bab ini menjelaskan mengenai jenis metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, sumber data, teknis analisis data dan prosedur penelitian.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

   Dalam bab ini menjelaskan mengenai uraian hasil penelitian dan pemecahan masalah guna memberikan jalan keluar atas masalah yang dihadapi.

e. BAB V PENUTUP

   Pada bagain penutup berisikan kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan masalah yang menghasilkan saran yang dapat bermanfaat bagi pihak yang terkait sesuai dengan fungsi penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Platform Supply Vessel (PSV)

2.1.1 Pengertian Platform Supply Vessel (PSV)



Gambar 2. 1 kapal psv

Platform Supply Vessel pada gambar 2.1, merupakan kapal pendukung lepas pantai (*offshore support vessel*) yang dirancang khusus untuk menunjang kegiatan operasional platform minyak dan gas bumi di laut. Kapal ini berfungsi sebagai sarana distribusi logistik, baik berupa muatan padat maupun muatan cair, dari darat menuju platform serta sebaliknya. Keberadaan PSV sangat penting dalam menjamin kelangsungan operasi eksplorasi dan produksi migas secara efisien dan berkesinambungan.Perkembangan kapal PSV tidak terlepas dari meningkatnya aktivitas industri minyak dan gas lepas pantai yang dimulai sejak pertengahan abad ke-20.

Pada awal perkembangannya, sekitar tahun 1940-an hingga 1950-an, kebutuhan logistik anjungan lepas pantai masih dilayani oleh kapal nelayan dan kapal kargo kecil yang dimodifikasi. Kapal-kapal tersebut digunakan untuk mengangkut perbekalan dasar seperti bahan bakar, air tawar, dan peralatan kerja menuju lokasi anjungan. Namun, kapal jenis ini memiliki keterbatasan dari segi kapasitas muatan, stabilitas, serta keselamatan operasional.

Memasuki tahun 1960-an hingga 1970-an, eksplorasi minyak dan gas lepas pantai mengalami peningkatan signifikan, khususnya di wilayah Laut Utara dan Teluk Meksiko. Kondisi laut yang ekstrem menuntut penggunaan kapal dengan desain khusus, sehingga mulai dikembangkan kapal Platform Supply Vessel yang memiliki dek belakang yang luas (*aft deck*), daya angkut besar, serta stabilitas yang lebih baik. Pada periode ini, PSV mulai dirancang secara khusus untuk mendukung operasi offshore.

Pada dekade 1980-an hingga 1990-an, teknologi kapal PSV mengalami perkembangan pesat. Penerapan sistem navigasi modern, sistem propulsi ganda, serta teknologi Dynamic Positioning memungkinkan kapal mempertahankan posisinya secara akurat tanpa menggunakan jangkar. Selain itu, standar keselamatan dan klasifikasi internasional mulai diterapkan guna meningkatkan keamanan operasional kapal dan awak.

Memasuki era 2000-an hingga saat ini, kapal PSV dikembangkan sebagai kapal multifungsi dengan kemampuan mengangkut berbagai jenis muatan seperti lumpur pengeboran, semen, bahan bakar, dan air tawar. Selain itu, aspek efisiensi energi dan ramah lingkungan menjadi fokus utama melalui penerapan sistem propulsi diesel-elektrik, desain lambung yang lebih efisien, serta pengurangan emisi gas buang. Dengan perkembangan tersebut, PSV menjadi salah satu elemen vital dalam mendukung keberlangsungan operasi industri minyak dan gas lepas pantai.

Beberapa poin penting mengenai PSV:

1. Mempunyai area dek yang luas untuk memuat kargo kering (seperti pipa, suku cadang, semen) dan tangki di bawah dek untuk muatan cair (air, bahan bakar, lumpur pengeboran).
2. Dapat dilengkapi dengan sistem *Dynamic Positioning* yang menjaga kapal pada posisi tertentu tanpa perlu jangkar saat beroprasi dekat platform.
3. Dirancang dengan kapasitas besar, efisiensi bakar bahan tinggi, dan kemampuan manuver yang baik dilaut dalam untuk operasi yang aman dan efsien.

Dalam operasinya*, Platform Supply Vessel* dituntut memiliki kemampuan manuver yang baik, stabilitas yang memadai, serta desain dek dan sistem tangki yang mendukung kegiatan bongkar muat di lingkungan laut terbuka. Karakteristik tersebut menjadikan PSV sebagai komponen penting dalam menjamin kelancaran dan keselamatan operasi eksplorasi serta produksi minyak dan gas bumi.

Pada penelitian ini, konsep *Platform Supply Vessel* direpresentasikan dalam bentuk prototipe kapal, yang digunakan sebagai media simulasi untuk mengkaji penerapan sistem kendali jarak jauh. Penggunaan prototipe bertujuan untuk mempermudah analisis respon kendali dan perilaku gerak kapal secara sederhana namun tetap merepresentasikan fungsi dasar PSV.

Peningkatan pada desain asli, saat ini. Sesuai dengan ruang lingkup pekerjaan ini, kapal yang tepat harus memiliki karakteristik fisik tertentu untuk membawa sel bahan bakar, tetapi yang terpenting, kebutuhan daya listriknya harus sebagian dipenuhi melalui sistem sel bahan bakar. Kapal yang dipilih adalah *Platform Supply Vessel*, kapal multi-fungsi yang dirancang untuk beroperasi di platform lepas pantai. PSV terutama digunakan untuk membawa material pengeboran dan barang dari darat ke platform. Tergantung pada perannya, kebutuhan listrik kapal ini biasanya berkisar, seperti yang telah disebutkan sebelumnya, dari 2500 kW hingga 5000 kW. Hal ini menjadikan jenis kapal ini kandidat ideal untuk mengoperasikan sistem sel bahan bakar karena dalam mode operasi tertentu, jumlah daya listrik yang dihasilkan oleh sel bahan bakar dapat mencapai 20% dari kebutuhan kapal[10].

2.1.2 Fungsi dan Peranan PSV

Fungsi utama *Platform Supply Vessel* meliputi pengangkutan bahan bakar, air tawar, lumpur pengeboran, semen, serta peralatan dan material pendukung lainnya. Selain itu, PSV juga berperan dalam pengangkutan limbah operasional dari platform ke darat. Dengan kemampuan manuver yang baik dan sistem pendukung yang memadai, PSV mampu beroperasi di lingkungan laut terbuka yang memiliki kondisi gelombang dan cuaca yang bervariasi.

1. Fungsi Pengangkutan Logistik

   Platform Supply Vessel berfungsi sebagai sarana utama pengangkutan logistik dari fasilitas darat menuju platform minyak dan gas lepas pantai. Muatan yang diangkut meliputi material padat seperti peralatan pengeboran, pipa, dan bahan konstruksi, serta muatan cair seperti bahan bakar, air tawar, lumpur pengeboran, dan semen. Fungsi ini menjadikan PSV sebagai penghubung vital antara darat dan fasilitas produksi di laut.

2. Fungsi Pendukung Operasional Platform

   PSV berperan langsung dalam menjamin kelangsungan operasional platform lepas pantai. Ketersediaan logistik yang tepat waktu sangat menentukan kelancaran kegiatan eksplorasi dan produksi. Dengan kemampuan suplai yang kontinu, PSV membantu mencegah terjadinya gangguan operasi akibat keterlambatan pasokan.

3. Fungsi Pengangkutan Limbah Operasional

   Selain membawa muatan ke platform, PSV juga berfungsi untuk mengangkut limbah operasional dari platform menuju darat. Limbah tersebut meliputi sisa lumpur pengeboran, material bekas, serta peralatan yang sudah tidak digunakan. Fungsi ini penting dalam mendukung penerapan standar keselamatan kerja dan perlindungan lingkungan laut.

4. Peranan PSV dalam Keselamatan Operasi Lepas Pantai

   Dalam aspek keselamatan, PSV dirancang dengan stabilitas dan kemampuan manuver yang baik untuk beroperasi di sekitar platform. Kapal ini membantu meminimalkan risiko kecelakaan selama proses bongkar muat. Pada kondisi tertentu, PSV juga dapat berperan sebagai kapal pendukung dalam situasi darurat, seperti pengiriman peralatan keselamatan atau dukungan evakuasi terbatas.

5. Peranan PSV dalam Efisiensi Rantai Pasok Offshore

   PSV memiliki peranan strategis dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok kegiatan offshore. Dengan kemampuan mengangkut berbagai jenis muatan dalam satu perjalanan, PSV mampu mengurangi jumlah pelayaran dan waktu operasional. Hal ini berdampak pada penghematan biaya serta peningkatan produktivitas kegiatan minyak dan gas lepas pantai.

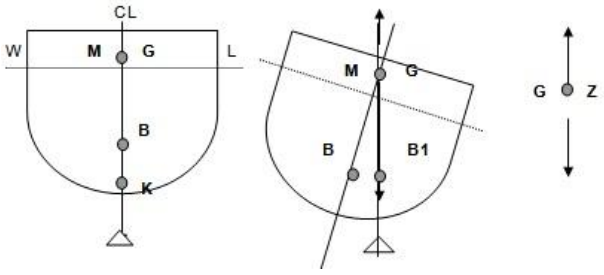
6. Peranan PSV dalam Pengembangan dan Penelitian

   Dalam konteks penelitian dan pengembangan, konsep Platform Supply Vessel sering direpresentasikan dalam bentuk prototipe kapal untuk mengkaji sistem manuver, propulsi, dan kendali. Pendekatan ini memungkinkan analisis karakteristik operasi PSV secara lebih sederhana, aman, dan ekonomis.

2.1.3 Karakteristik Umum PSV

Secara umum, PSV memiliki karakteristik berupa dek belakang terbuka yang luas (*open deck*), sistem tangki khusus untuk muatan cair, serta kemampuan stabilitas yang tinggi. Beberapa PSV modern juga dilengkapi dengan sistem penempatan dinamis (*dynamic positioning*) untuk menjaga posisi kapal saat melakukan bongkar muat di sekitar platform lepas pantai.

1. Desain Lambung dan Stabilitas

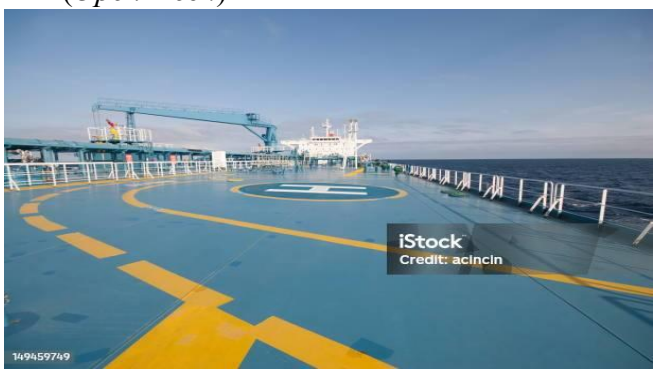


Gambar 2. 2Desain Lambung dan Stabilitas

Platform Supply Vessel dirancang untuk beroperasi di laut terbuka dengan kondisi gelombang dan cuaca yang berubah-ubah. Oleh karena itu pada gambar 2.2, desain lambung PSV menitikberatkan pada stabilitas dan kemampuan olah gerak yang baik. Bentuk lambung umumnya memiliki

freeboard tinggi dan stabilitas transversal yang memadai untuk menjamin keselamatan selama operasi bongkar muat di sekitar platform lepas pantai. Stabilitas ini sangat penting mengingat aktivitas pemindahan muatan sering dilakukan dalam kondisi laut yang tidak sepenuhnya tenang.

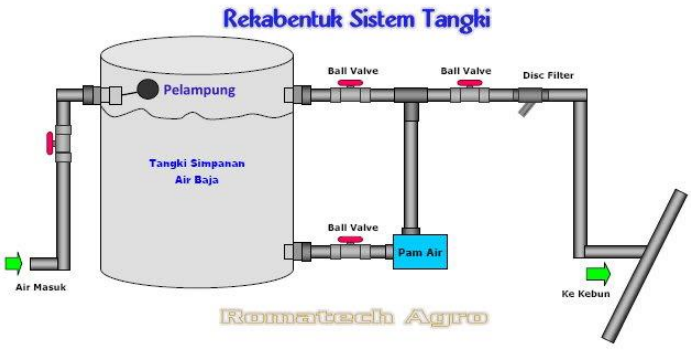
2. Dek Terbuka (*Open Deck*)



Gambar 2. 3Deck terbuka

Salah satu karakteristik utama PSV adalah keberadaan dek belakang terbuka yang luas. Pada gambar 2.3, dek ini digunakan untuk mengangkut berbagai jenis muatan padat seperti pipa, peralatan pengeboran, dan material konstruksi. Desain dek terbuka memungkinkan fleksibilitas dalam penataan muatan serta memudahkan proses bongkar muat menggunakan crane platform. Selain itu, struktur dek dirancang untuk menahan beban berat dan tekanan mekanis yang tinggi.

3. Sistem Tangki Muatan Cair

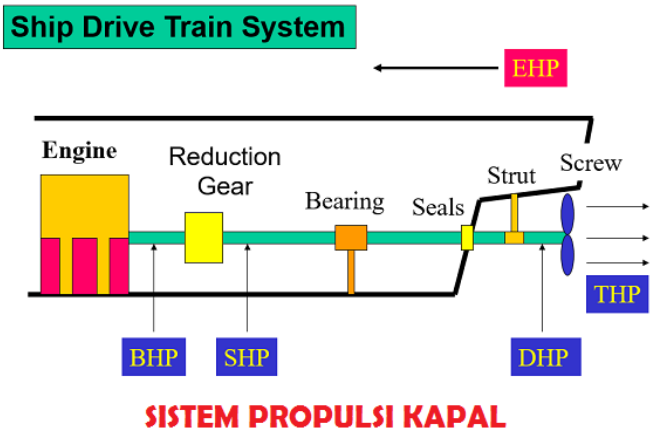


Gambar 2. 4Sistem Tangki Muatan Cair

Pada gambar 2.4, PSV dilengkapi dengan sistem tangki khusus yang digunakan untuk mengangkut berbagai jenis muatan cair, seperti bahan

bakar, air tawar, lumpur pengeboran, dan semen. Setiap tangki dirancang terpisah sesuai dengan karakteristik muatan untuk mencegah kontaminasi. Sistem perpipaan dan pompa yang terintegrasi memungkinkan proses pengisian dan pemindahan muatan cair dilakukan secara aman dan efisien.

4. Sistem Propulsi dan Manuver



Gambar 2. 5 Sistem Propulsi dan Manuver

Karakteristik penting lainnya adalah sistem propulsi yang andal dan mendukung kemampuan manuver tinggi. Pada gambar 2.5, PSV umumnya menggunakan lebih dari satu unit mesin penggerak yang dipadukan dengan baling-baling dan *thruster*. Konfigurasi ini memungkinkan kapal melakukan manuver presisi saat mendekati platform serta mempertahankan posisi dengan stabil. Kemampuan manuver menjadi faktor krusial mengingat ruang gerak di sekitar platform relatif terbatas.

5. Sistem Penempatan Dinamis (*Dynamic Positioning*)

Banyak PSV modern dilengkapi dengan sistem penempatan dinamis (*dynamic positioning*), yaitu sistem kendali otomatis yang menjaga posisi dan arah kapal tanpa menggunakan jangkar. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan data dari sensor navigasi dan mengendalikan thruster secara otomatis. Keberadaan sistem ini meningkatkan keselamatan operasi bongkar muat serta mengurangi risiko tabrakan dengan struktur platform.

6. Fasilitas Navigasi dan Keselamatan



Gambar 2. 6 Fasilitas Navigasi dan Keselamatan

Pada gambar 2.6, PSV dilengkapi dengan peralatan navigasi dan keselamatan yang lengkap untuk mendukung operasi di laut lepas. Peralatan tersebut meliputi sistem navigasi, komunikasi, serta perlengkapan keselamatan kapal dan awak. Karakteristik ini menunjukkan bahwa PSV tidak hanya berfokus pada kemampuan angkut, tetapi juga pada aspek keselamatan kerja dan perlindungan lingkungan laut.

7. Fleksibilitas Operasi

Platform Supply Vessel dirancang agar memiliki fleksibilitas operasi yang tinggi, sehingga dapat melayani berbagai jenis platform dan kebutuhan operasional. Fleksibilitas ini mencakup kemampuan membawa berbagai jenis muatan dalam satu pelayaran, serta kemampuan beroperasi di berbagai kondisi perairan. Dengan karakteristik tersebut, PSV menjadi kapal yang sangat adaptif terhadap kebutuhan industri minyak dan gas lepas pantai.

8. Keterkaitan Karakteristik PSV dengan Penelitian Prototipe

Dalam konteks penelitian ini, karakteristik umum PSV direpresentasikan secara sederhana melalui prototipe kapal. Fokus utama diarahkan pada karakteristik manuver dan sistem kendali, yang menjadi aspek penting dalam operasi PSV. Pemodelan ini memungkinkan pengujian sistem kendali jarak jauh pada prototipe sebagai gambaran awal pengoperasian kapal PSV sebenarnya.

2.2 Prototipe Kapal

2.2.1 Pengertian Prototipe

Prototipe merupakan model awal atau representasi dari suatu sistem, produk, atau perangkat yang dibuat untuk tujuan pengujian, evaluasi, dan pengembangan sebelum sistem tersebut direalisasikan atau diproduksi secara penuh. Prototipe digunakan untuk menggambarkan fungsi utama dan prinsip kerja dari sistem yang dirancang, sehingga memungkinkan peneliti atau perancang untuk mengidentifikasi kekurangan, melakukan perbaikan, serta menilai kelayakan desain secara lebih efektif.

Dalam konteks penelitian teknik, prototipe berfungsi sebagai media eksperimental yang memungkinkan pengujian konsep dan kinerja sistem dalam skala yang lebih sederhana, aman, dan ekonomis. Melalui prototipe, interaksi antar komponen sistem dapat diamati secara langsung, sehingga hasil pengujian dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan desain lanjutan.

2.2.2 Fungsi Prototipe Dalam Penelitian

Penggunaan prototipe kapal memungkinkan peneliti untuk melakukan eksperimen secara lebih aman, ekonomis, dan terkontrol. Prototipe juga memudahkan pengamatan respon sistem kendali terhadap perintah operator tanpa risiko besar seperti pada kapal sebenarnya.

1. Media Pengujian Konsep dan Prinsip Kerja

   Prototipe berfungsi sebagai sarana untuk menguji konsep dan prinsip kerja suatu sistem. Melalui prototipe, ide atau rancangan yang bersifat teoritis dapat direalisasikan dalam bentuk fisik sehingga dapat diamati secara langsung. Pengujian ini membantu memastikan bahwa sistem yang dirancang telah bekerja sesuai dengan konsep awal yang direncanakan.

2. Alat Evaluasi Kinerja Sistem

   Prototipe digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan parameter tertentu, seperti respon, stabilitas, dan keandalan. Dalam konteks penelitian sistem kendali, prototipe memungkinkan peneliti untuk mengamati hubungan antara perintah kendali dan respon sistem secara nyata, sehingga dapat diketahui tingkat efektivitas sistem yang dikembangkan.

3. Sarana Identifikasi dan Perbaikan Kesalahan

   Salah satu fungsi utama prototipe adalah sebagai alat identifikasi kesalahan desain. Dengan melakukan pengujian langsung, peneliti dapat menemukan kelemahan atau ketidaksesuaian pada sistem, baik dari sisi mekanik, elektrik, maupun kendali. Temuan tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan sebelum sistem dikembangkan lebih lanjut.

4. Media Eksperimen yang Aman dan Ekonomis

   Penggunaan prototipe memungkinkan pelaksanaan eksperimen secara lebih aman dan ekonomis dibandingkan pengujian pada sistem skala penuh. Risiko kerusakan, biaya operasional, serta potensi bahaya dapat diminimalkan, sehingga peneliti dapat melakukan pengujian berulang dengan lebih leluasa.

5. Pendukung Analisis dan Validasi Teori

   Prototipe berfungsi sebagai alat validasi teori dan perhitungan yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian prototipe dapat dibandingkan dengan hasil analisis teoritis untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara teori dan praktik. Validasi ini penting untuk meningkatkan keakuratan dan kredibilitas hasil penelitian.

6. Sarana Pengembangan dan Inovasi Sistem

   Dalam penelitian pengembangan, prototipe menjadi media utama untuk melakukan inovasi. Peneliti dapat menambahkan, mengubah, atau mengembangkan fitur sistem berdasarkan hasil pengujian sebelumnya. Proses ini memungkinkan penyempurnaan sistem secara bertahap hingga mencapai kinerja yang diharapkan.

7. Media Pembelajaran dan Demonstrasi Ilmiah

   Prototipe juga berfungsi sebagai media pembelajaran dan demonstrasi, baik dalam lingkungan akademik maupun penelitian. Dengan adanya prototipe, konsep-konsep yang bersifat abstrak dapat ditunjukkan secara nyata, sehingga memudahkan pemahaman dan penyampaian hasil penelitian kepada pihak lain.

8. Keterkaitan Fungsi Prototipe dengan Penelitian Ini

   Dalam penelitian ini, prototipe digunakan sebagai objek utama pengujian sistem kendali jarak jauh pada kapal Platform Supply Vessel. Prototipe berfungsi untuk menguji respon kendali, kemampuan manuver, serta keandalan sistem remote control, sehingga hasil penelitian dapat memberikan gambaran awal mengenai penerapan sistem kendali pada kapal PSV sebenarnya.

2.2.3 Protiotipe Kapal PSV

Dalam penelitian ini, prototipe kapal *Platform Supply Vessel* digunakan sebagai objek implementasi sistem kendali jarak jauh. Prototipe dirancang menyerupai karakteristik dasar PSV, terutama dari sisi sistem propulsi dan kemampuan manuver, sehingga hasil pengujian dapat merepresentasikan kondisi nyata secara sederhana.

2.3 Sistem Kendali

2.3.1 Pengertian Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengatur, mengarahkan, dan mengendalikan perilaku suatu objek atau proses agar bekerja sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Sistem ini bekerja dengan cara menerima masukan (*input*) berupa perintah atau sinyal kendali, kemudian memprosesnya melalui komponen pengendali, dan menghasilkan keluaran (*output*) berupa respon atau aksi dari objek yang dikendalikan.

Dalam sistem kendali, hubungan antara input dan output diatur sedemikian rupa sehingga objek yang dikendalikan dapat mencapai kondisi yang diinginkan secara stabil, akurat, dan terkendali. Sistem kendali banyak diterapkan pada berbagai bidang teknik, seperti sistem mekanik, elektrik, elektronika, dan otomasi.

Sistem kendali jarak jauh memungkinkan pengoperasian suatu perangkat tanpa kontak langsung antara operator dan objek yang dikendalikan. Sistem ini sangat umum digunakan pada aplikasi robotika, kendaraan tanpa awak, dan prototipe kapal.

1. Komponen Utama Sistem Kendali

   Secara umum, sistem kendali terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

a. Input, berupa sinyal perintah atau referensi yang diberikan oleh operator atau sistem lain.
b. Pengendali (*controller*), berfungsi mengolah sinyal input menjadi sinyal kendali.
c. Aktuator, berfungsi mengubah sinyal kendali menjadi aksi fisik.
d. Objek yang dikendalikan (*plant*), yaitu sistem atau perangkat yang dikontrol.
e. Output, berupa respon atau hasil kerja system.

   Komponen-komponen tersebut bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan kinerja sistem yang diharapkan.

2. Jenis Sistem Kendali

   Berdasarkan cara kerjanya, sistem kendali dapat dibedakan menjadi:

a. Sistem kendali terbuka (*open-loop control*), yaitu sistem kendali yang tidak menggunakan umpan balik dari output ke pengendali.
b. Sistem kendali tertutup (*closed-loop control*), yaitu sistem kendali yang menggunakan umpan balik untuk membandingkan output dengan nilai referensi.
c. Sistem kendali tertutup umumnya memiliki tingkat akurasi dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan sistem kendali terbuka.

3. Tujuan Sistem Kendali

   Tujuan utama dari sistem kendali adalah untuk:

a. Mengatur perilaku sistem sesuai dengan nilai yang diinginkan.
b. Menjaga kestabilan system.
c. Meningkatkan akurasi dan keandalan operasi.
d. Meminimalkan kesalahan dan gangguan.

2.3.2 Sistem Kendali Jarak Jauh

Sistem kendali jarak jauh merupakan sistem kendali yang memungkinkan suatu objek atau perangkat dioperasikan dari jarak tertentu tanpa kontak fisik langsung antara operator dan objek yang dikendalikan. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan media transmisi, baik berupa gelombang radio, sinyal inframerah, maupun jaringan komunikasi lainnya, untuk mengirimkan perintah kendali dari operator ke objek.

Dalam konteks penelitian teknik, sistem kendali jarak jauh digunakan untuk mengendalikan objek bergerak atau sistem yang berada pada lokasi yang sulit dijangkau, berbahaya, atau membutuhkan fleksibilitas operasional tinggi.

1. Tujuan dan Manfaat Sistem Kendali Jarak Jauh

   Penerapan sistem kendali jarak jauh bertujuan untuk:

a. Meningkatkan keamanan operator, karena tidak perlu berada dekat dengan objek.

b. Memberikan fleksibilitas pengoperasian.
c. Mempermudah pengendalian objek yang bergerak.
d. Mendukung pengujian dan pengembangan sistem secara efisien.

Manfaat tersebut menjadikan sistem kendali jarak jauh banyak digunakan dalam bidang robotika, kendaraan tanpa awak, serta sistem prototipe penelitian.

2. Komponen Utama Sistem Kendali Jarak Jauh

Secara umum, sistem kendali jarak jauh terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

a. Perangkat pengirim (*transmitter*), sebagai sumber perintah kendali.
b. Media transmisi, sebagai jalur pengiriman sinyal.
c. Perangkat penerima (*receiver*), untuk menerima dan menerjemahkan sinyal.
d. Unit pengendali dan aktuator, sebagai pelaksana perintah.
e. Objek yang dikendalikan, sebagai sistem target.

Integrasi seluruh komponen tersebut memungkinkan sistem bekerja secara efektif.

3. Media Transmisi pada Sistem Kendali Jarak Jauh

Media transmisi berperan penting dalam menentukan jangkauan dan keandalan sistem kendali jarak jauh. Media yang umum digunakan antara lain:

a. Gelombang radio, yang memiliki jangkauan luas dan stabil.
b. Inframerah, dengan jangkauan terbatas.
c. Komunikasi berbasis jaringan, seperti Wi-Fi atau internet.

Dalam penelitian prototipe kapal, gelombang radio menjadi pilihan utama karena mampu bekerja secara stabil di ruang terbuka.

4. Prinsip Kerja Sistem Kendali Jarak Jauh

   Prinsip kerja sistem kendali jarak jauh dimulai dari pemberian perintah oleh operator melalui perangkat pengirim. Perintah tersebut diubah menjadi sinyal dan dikirimkan melalui media transmisi menuju perangkat penerima. Selanjutnya, sinyal diterjemahkan menjadi perintah listrik yang menggerakkan aktuator, sehingga objek dapat bergerak atau beroperasi sesuai dengan perintah yang diberikan.

   Proses ini berlangsung secara real time, sehingga operator dapat mengendalikan objek secara langsung.

5. Jenis Sistem Kendali Jarak Jauh

   Berdasarkan mekanisme pengendaliannya, sistem kendali jarak jauh dapat dibedakan menjadi:

a. Sistem kendali manual jarak jauh, di mana seluruh perintah berasal dari operator.
b. Sistem kendali semi-otomatis, yang mengombinasikan kendali manual dan otomatis.
c. Sistem kendali otomatis jarak jauh, yang bekerja berdasarkan program atau sensor.

   Pada penelitian ini, sistem yang digunakan termasuk dalam kategori kendali manual jarak jauh.

6. Keunggulan dan Keterbatasan Sistem Kendali Jarak Jauh

   Keunggulan sistem kendali jarak jauh meliputi:

a. Pengoperasian yang fleksibel.
b. Minim keterbatasan ruang Gerak.
c. Mudah diterapkan pada prototipe.

   Namun, sistem ini juga memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada kualitas sinyal dan potensi gangguan interferensi.

7. Penerapan Sistem Kendali Jarak Jauh pada Prototipe Kapal PSV

   Dalam penelitian prototipe kapal *Platform Supply Vessel*, sistem kendali jarak jauh digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah gerak kapal. Sistem ini memungkinkan pengujian karakteristik manuver kapal secara aman dan terkendali, serta menjadi dasar pengembangan sistem kendali yang lebih kompleks pada kapal skala penuh.

2.3.3 Sistem Kendali Pada Prototipe

Pada kapal prototipe, sistem kendali berfungsi untuk mengatur kecepatan motor penggerak dan arah kemudi. Perintah kendali diberikan oleh operator melalui remote control dan diteruskan ke aktuator melalui sistem transmisi nirkabel.

2.4 Remote Control

2.4.1 Pengertian Remote Kontrol



Gambar 2. 7 Remote Control

Pada gambar 2.7, Remote Control merupakan perangkat kendali yang digunakan untuk mengoperasikan atau mengendalikan suatu sistem, mesin, atau objek dari jarak tertentu tanpa adanya kontak fisik langsung antara operator dan objek yang dikendalikan. Remote control bekerja dengan cara mengirimkan perintah kendali dalam bentuk sinyal melalui media transmisi tertentu, seperti gelombang radio, inframerah, atau jaringan komunikasi, yang kemudian diterima dan diterjemahkan oleh perangkat penerima untuk menghasilkan aksi sesuai perintah yang diberikan.

Dalam bidang teknik dan rekayasa, remote control menjadi bagian penting dari sistem kendali jarak jauh karena memungkinkan pengoperasian sistem secara lebih aman, fleksibel, dan efisien, terutama pada objek yang bergerak atau berada di lingkungan yang berisiko.

Remote control adalah sistem yang mengirimkan perintah kendali secara nirkabel dari perangkat pemancar (*transmitter*) ke perangkat penerima (*receiver*) untuk menghasilkan aksi tertentu pada objek yang dikendalikan. Dalam konteks *remote control* berbasis radio frequency, sistem ini mampu bekerja pada jarak yang lebih luas dan menjadi bagian penting dalam pengembangan sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal atau robot[11].

2.4.2 Prinsip Kerja Remote Control

Remote control merupakan perangkat kendali yang digunakan untuk mengoperasikan atau mengendalikan suatu sistem, mesin, atau objek dari jarak tertentu tanpa adanya kontak fisik langsung antara operator dan objek yang dikendalikan. Remote control bekerja dengan cara mengirimkan perintah kendali dalam bentuk sinyal melalui media transmisi tertentu, seperti gelombang radio, inframerah, atau jaringan komunikasi, yang kemudian diterima dan diterjemahkan oleh perangkat penerima untuk menghasilkan aksi sesuai perintah yang diberikan.

Dalam bidang teknik dan rekayasa*, remote control* menjadi bagian penting dari sistem kendali jarak jauh karena memungkinkan pengoperasian sistem secara lebih aman, fleksibel, dan efisien, terutama pada objek yang bergerak atau berada di lingkungan yang berisiko.

2.4.3 Fungsi Remote Control Dalam Penelitian

Dalam penelitian ini, remote control digunakan sebagai alat utama untuk mengendalikan pergerakan prototipe kapal PSV, termasuk pengaturan kecepatan dan arah kapal.

Fungsi utama remote control adalah sebagai perangkat input dalam sistem kendali jarak jauh. Melalui remote control, operator dapat:

1 . Memberikan perintah kendali.
2. Mengatur kecepatan, arah, atau fungsi tertentu.
3. Mengontrol sistem secara real time.

Remote control berperan sebagai antarmuka antara manusia dan sistem yang dikendalikan.

2.5 Radio Link

2.5.1 Pengertian Radio Link



Gambar 2. 8 *Radio Link*

Pada gambar 2.8*, Radio link* merupakan sistem komunikasi nirkabel yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisi untuk mengirimkan dan menerima informasi antara dua atau lebih perangkat yang terpisah secara jarak. Radio link berfungsi sebagai penghubung utama dalam sistem kendali jarak jauh, di mana perintah kendali dikirimkan dari perangkat pengirim (*transmitter*) ke perangkat penerima (*receiver*) tanpa menggunakan kabel fisik.

Dalam bidang teknik elektro, elektronika, dan sistem kendali, radio link digunakan untuk memastikan komunikasi data berlangsung secara real time, stabil, dan andal, terutama pada aplikasi yang membutuhkan mobilitas tinggi.

1. Fungsi Radio Link

   Radio link memiliki beberapa fungsi utama, antara lain:

a. Menjadi media transmisi sinyal kendali.
b. Menghubungkan perangkat pengirim dan penerima secara nirkabel.
c. Mendukung komunikasi jarak jauh.
d. Memungkinkan pengendalian sistem secara fleksibel.

   Radio link memungkinkan sistem kendali bekerja tanpa keterbatasan jarak kabel.

2. Prinsip Kerja Radio Link

   Prinsip kerja radio link dimulai dari pengubahan sinyal kendali menjadi sinyal listrik oleh perangkat pengirim. Sinyal tersebut kemudian dimodulasi dan dipancarkan dalam bentuk gelombang radio melalui antena. Gelombang radio merambat di udara dan diterima oleh antena penerima, lalu didemodulasi menjadi sinyal listrik kembali untuk diproses oleh sistem penerima.

   Proses ini berlangsung secara terus-menerus selama sistem aktif, sehingga komunikasi dapat terjadi secara dua arah atau satu arah sesuai dengan kebutuhan sistem.

3. Komponen Utama Radio Link

   Radio link umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

a. *Transmitter* (pemancar).
b. *Receiver* (penerima).
c. Antena pemancar dan penerima.
d. Media propagasi, berupa udara bebas.
e. Sumber daya listrik.

   Kinerja radio link sangat dipengaruhi oleh kualitas masing-masing komponen tersebut.

4. Karakteristik Radio Link

   Beberapa karakteristik penting radio link meliputi:

a. Frekuensi kerja, yang menentukan jangkauan dan stabilitas sinyal.
b. Bandwidth, yang mempengaruhi jumlah data yang dapat dikirim.
c. Jangkauan komunikasi, tergantung daya pancar dan lingkungan.
d. Ketahanan terhadap interferensi, dari perangkat lain.

   Karakteristik ini menjadi faktor penting dalam pemilihan radio link untuk sistem kendali prototipe.

5. Jenis Radio Link

   Berdasarkan arah komunikasinya, radio link dapat dibedakan menjadi:

a. Radio link satu arah, hanya mengirim data dari pengirim ke penerima.
b. Radio link dua arah, memungkinkan pertukaran data antara kedua perangkat.

   Dalam sistem kendali jarak jauh, radio link satu arah umumnya digunakan untuk pengiriman perintah kendali.

6. Keunggulan dan Keterbatasan Radio Link

   Keunggulan radio link antara lain:

a. Tidak memerlukan kabel fisik.
b. Mudah diterapkan pada objek bergerak.
c. Fleksibel dan efisien.

   Namun, radio link juga memiliki keterbatasan, seperti:

a. Potensi gangguan sinyal.
b. Ketergantungan pada kondisi lingkungan.
c. Keterbatasan jangkauan.

2.5.2 Frekuensi 2,4GHz

Frekuensi 2,4 GHz merupakan bagian dari pita frekuensi radio gelombang mikro yang berada pada rentang 2,400–2,4835 GHz dan termasuk dalam kategori Industrial, Scientific, and Medical (*ISM band*). Pita frekuensi ini dapat digunakan tanpa lisensi khusus di banyak negara, sehingga banyak dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi komunikasi nirkabel.

Dalam sistem kendali jarak jauh, frekuensi 2,4 GHz digunakan sebagai media transmisi sinyal kendali karena mampu menyediakan komunikasi yang relatif stabil dengan laju data yang cukup tinggi.

1. Karakteristik Frekuensi 2,4 GHz

   Frekuensi 2,4 GHz memiliki beberapa karakteristik utama, antara lain:

a. Panjang gelombang relatif pendek, sehingga memungkinkan penggunaan antena berukuran kecil.
b. Kemampuan transmisi data yang baik, mendukung pengiriman sinyal secara real time.
c. Jangkauan menengah, tergantung daya pancar dan kondisi lingkungan.
d. Rentan terhadap interferensi, karena digunakan oleh banyak perangkat lain.

   Karakteristik ini menjadikan frekuensi 2,4 GHz cocok untuk aplikasi kendali jarak jauh skala prototipe.

2. Keunggulan Penggunaan Frekuensi 2,4 GHz

   Beberapa keunggulan penggunaan frekuensi 2,4 GHz dalam sistem kendali antara lain:

a. Tidak memerlukan izin frekuensi khusus.
b. Kompatibel dengan berbagai perangkat komunikasi.
c. Mendukung sistem multi-channel.
d. Respon komunikasi cepat dan stabil.

   Keunggulan ini menyebabkan frekuensi 2,4 GHz banyak digunakan pada sistem remote control modern.

3. Keterbatasan Frekuensi 2,4 GHz

   Meskipun memiliki banyak keunggulan, frekuensi 2,4 GHz juga memiliki beberapa keterbatasan, yaitu:

a. Tingkat interferensi relatif tinggi.
b. Daya tembus terhadap penghalang lebih rendah dibandingkan frekuensi yang lebih rendah.
c. Kinerja dapat menurun pada lingkungan padat perangkat nirkabel.

   Oleh karena itu, pengaturan kanal dan sistem modulasi yang baik sangat diperlukan.

4. Penerapan Frekuensi 2,4 GHz pada Sistem Kendali Jarak Jauh

   Dalam sistem kendali jarak jauh, frekuensi 2,4 GHz digunakan untuk mengirimkan perintah kendali dari remote control ke perangkat penerima. Sistem ini memungkinkan pengendalian objek bergerak secara fleksibel tanpa keterbatasan kabel.

5. Hubungan Frekuensi 2,4 GHz dengan Radio Link RC

   Pada penelitian ini, frekuensi 2,4 GHz digunakan oleh radio link RC 4GS V2 untuk menghubungkan remote control dengan prototipe kapal. Penggunaan frekuensi ini memungkinkan sistem kendali bekerja secara real time dengan stabilitas komunikasi yang memadai selama pengujian.

6. Relevansi Frekuensi 2,4 GHz pada Prototipe Kapal PSV

   Pada prototipe kapal Platform Supply Vessel, frekuensi 2,4 GHz sangat efektif digunakan karena lingkungan pengujian yang relatif terbuka. Kondisi ini meminimalkan gangguan sinyal dan memungkinkan komunikasi radio berjalan optimal.

2.5.3 Keunggulan Radio Link pada Sistem Kendali

Penggunaan radio link memungkinkan sistem kendali bekerja secara fleksibel tanpa keterbatasan kabel, sehingga prototipe kapal dapat bergerak bebas di area pengujian.

2.6 Remote Control RC 4GS V2 2,4G 4CH

2.6.1 Spesifikasi Umum RC 4GS V2



Gambar 2. 9 Remote Control
RC 4GS V2 2,4G 4CH

Pada gambar 2.9, RC 4GS V2 merupakan perangkat remote control berbasis gelombang radio yang dirancang untuk sistem kendali jarak jauh, khususnya pada aplikasi kendaraan atau objek bergerak seperti mobil RC, kapal RC, dan prototipe penelitian. Perangkat ini banyak digunakan karena memiliki stabilitas komunikasi yang baik, pengoperasian sederhana, serta kompatibilitas luas dengan sistem penerima (*receiver*).

1. Jenis dan Tipe Perangkat

   RC 4GS V2 termasuk dalam kategori remote control digital berbasis radio frequency (RF) yang menggunakan sistem transmisi nirkabel untuk mengirimkan sinyal kendali dari operator ke perangkat penerima.

2. Jumlah Kanal (*Channel*)

   Remote control RC 4GS V2 memiliki 4 kanal (4CH) yang memungkinkan pengendalian beberapa fungsi secara bersamaan, seperti:

a. Kendali kecepatan motor penggerak.
b. Kendali arah atau kemudi.
c. Fungsi tambahan sesuai kebutuhan system.

   Jumlah kanal ini sudah memadai untuk pengendalian dasar prototipe kapal.

3. Frekuensi Operasi

   RC 4GS V2 bekerja pada pita frekuensi 2,4 GHz, yang termasuk dalam ISM band. Penggunaan frekuensi ini memungkinkan:

a. Komunikasi stabil.
b. Respon kendali cepat.
c. Pengoperasian tanpa izin frekuensi khusus.

4. Sistem Modulasi dan Transmisi

   Remote control ini menggunakan sistem transmisi digital yang dirancang untuk mengurangi gangguan sinyal (*interference*) dan meningkatkan keandalan komunikasi antara transmitter dan receiver.

5. Jangkauan Kendali

   RC 4GS V2 memiliki jangkauan kendali yang cukup luas untuk kebutuhan prototipe dan pengujian lapangan skala kecil hingga menengah, tergantung kondisi lingkungan dan hambatan di sekitar area pengujian.

6. Perangkat Penerima (*Receiver*)

   RC 4GS V2 dilengkapi dengan receiver yang kompatibel untuk menerima sinyal kendali dari transmitter dan menyalurkannya ke aktuator seperti motor dan servo.

7. Antarmuka Kendali

   Remote control RC 4GS V2 menggunakan:

a. Tuas kemudi (*steering wheel*) untuk kendali arah.
b. Tuas pemicu (*trigger*) untuk kendali kecepatan.

   Antarmuka ini memudahkan operator dalam mengendalikan prototipe secara presisi.

8. Sumber Daya

   Perangkat ini menggunakan sumber daya baterai, yang mendukung pengoperasian portabel dan fleksibel selama pengujian prototipe.

9. Keunggulan RC 4GS V2

   Beberapa keunggulan RC 4GS V2 antara lain:

a. Pengoperasian mudah.
b. Respon kendali cepat.
c. Stabilitas sinyal baik.
d. Cocok untuk aplikasi prototipe penelitian.

10. Relevansi RC 4GS V2 dalam Penelitian Prototipe Kapal PSV

    Dalam penelitian prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), RC 4GS V2 digunakan sebagai perangkat input utama untuk sistem kendali jarak jauh. Spesifikasi yang dimiliki memungkinkan pengendalian arah dan kecepatan kapal secara real time, sehingga mendukung proses pengujian sistem kendali prototipe secara efektif.

2.6.2 Fungsi Channel Kendali

Channel kendali merupakan jalur sinyal independen dalam sistem remote control yang digunakan untuk mengirimkan perintah tertentu dari perangkat pengirim (*transmitter*) ke perangkat penerima (*receiver*). Setiap channel membawa informasi kendali yang berbeda dan dapat dihubungkan dengan aktuator atau fungsi tertentu pada sistem yang dikendalikan.

Dalam sistem kendali jarak jauh, channel memungkinkan pengendalian multi-fungsi secara bersamaan melalui satu perangkat remote control.

1. Fungsi Utama Channel Kendali

   Fungsi utama channel kendali adalah:

a. Menyalurkan perintah kendali secara terpisah.
b. Memungkinkan pengaturan beberapa fungsi dalam satu system.
c. Menjaga agar setiap perintah tidak saling bercampur.
d. Mendukung kendali yang presisi dan terstruktur.

   Dengan adanya channel, sistem kendali menjadi lebih terorganisasi.

2. Prinsip Kerja Channel Kendali

   Setiap channel bekerja dengan mengirimkan sinyal kendali dalam bentuk pulsa atau data digital yang merepresentasikan posisi tuas atau tombol pada remote control. Sinyal tersebut diterima oleh receiver dan diterjemahkan menjadi perintah listrik yang selanjutnya menggerakkan aktuator sesuai fungsi channel tersebut.

3. Jenis Fungsi Channel Kendali pada Sistem Prototipe

   Pada sistem prototipe, channel kendali dapat difungsikan untuk:

a. Channel penggerak utama, mengatur kecepatan motor.
b. Channel kemudi, mengatur arah gerak.
c. Channel tambahan, untuk fungsi lain seperti lampu atau alat bantu.

   Pembagian ini mempermudah pengembangan sistem.

4. Fungsi Channel Kendali pada RC 4GS V2

   RC 4GS V2 memiliki 4 channel kendali (4CH) yang dapat digunakan secara fleksibel. Dalam konteks prototipe kapal, fungsi channel dapat diatur sebagai berikut:

a. Channel 1: Kendali arah (kemudi).
b. Channel 2: Kendali kecepatan (maju dan mundur).
c. Channel 3: Fungsi tambahan.
d. Channel 4: Fungsi tambahan lainnya.

   Pengaturan ini disesuaikan dengan kebutuhan sistem prototipe.

5. Peranan Channel Kendali dalam Sistem Kendali Jarak Jauh

   Channel kendali berperan penting dalam memastikan keakuratan dan keandalan pengendalian sistem. Dengan pemisahan fungsi melalui channel, operator dapat mengendalikan prototipe secara lebih terkontrol dan responsif.

6. Relevansi Channel Kendali pada Prototipe Kapal PSV

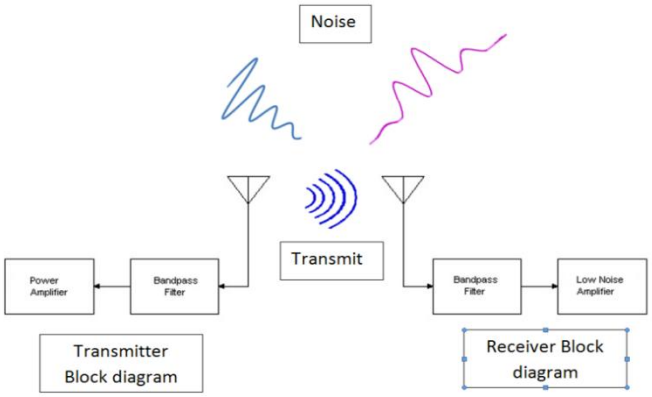
   Pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), channel kendali digunakan untuk mengatur sistem penggerak dan kemudi secara terpisah. Hal ini memungkinkan pengujian manuver kapal secara lebih realistis dan mendukung analisis kinerja sistem kendali yang diterapkan.

2.6.3 Alasan Pemilihan RC 4GS V2

Pemilihan RC 4GS V2 dalam penelitian ini didasarkan pada kemudahan penggunaan, kestabilan sinyal, serta kesesuaian jumlah channel dengan kebutuhan sistem kendali prototipe kapal PSV.

2.7 Transmitter

2.7.1Pengertian Transmitter



Gambar 2. 10 Diagram Blok Pemancar dan Penerima

Pada gambar 2.10, Transmitter adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal informasi dari suatu sumber ke penerima (*receiver*) melalui media transmisi, baik berupa gelombang elektromagnetik (*nirkabel*) maupun media fisik tertentu. Informasi yang dikirimkan dapat berupa data, suara, gambar, maupun sinyal kendali.

Dalam sistem kendali dan komunikasi, transmitter bertugas mengubah sinyal informasi menjadi sinyal yang sesuai untuk dikirimkan, biasanya melalui proses modulasi, penguatan (amplifikasi), dan pemancaran sinyal menggunakan antena[12].

2.7.2 Peran Transmitter dalam Sistem Komunikasi dan Kendali

Transmitter memiliki peran yang sangat penting, antara lain:

1. Sebagai pengirim informasi dari sumber ke tujuan.
2. Sebagai penghubung antara sistem kendali dan sistem komunikasi.
3. Menentukan jangkauan dan kualitas transmisi.
4. Menjamin keandalan pengiriman data dan sinyal kendali.

Dalam sistem kendali jarak jauh, seperti remote control, transmitter mengirimkan perintah kendali ke receiver untuk menggerakkan aktuator seperti motor listrik dan servo motor.

2.7.3 Prinsip Kerja Transmitter

Secara umum, prinsip kerja transmitter terdiri dari beberapa tahapan utama:

1. Sumber Informasi

   Sumber informasi menghasilkan sinyal dasar (*baseband*), misalnya perintah dari joystick, sensor, atau mikrokontroler.
2. Pengkodean (*Encoding*)

   Sinyal informasi dikodekan agar lebih efisien dan tahan terhadap kesalahan transmisi, khususnya pada sistem digital.
3. Modulasi

   Modulasi adalah proses menumpangkan sinyal informasi ke sinyal pembawa (*carrier*) dengan frekuensi tertentu. Modulasi diperlukan agar sinyal dapat dikirimkan jarak jauh dan tidak saling mengganggu.

   Jenis modulasi yang umum digunakan:

a. Modulasi analog (AM, FM, PM).
b. Modulasi digital (ASK, FSK, PSK, QAM).

4. Penguatan Sinyal.

   Sinyal yang telah dimodulasi diperkuat oleh power amplifier agar memiliki daya yang cukup untuk dipancarkan.
5. Pemancaran Sinyal.

   Sinyal diperolehkan ke antena, yang kemudian memancarkan sinyal sebagai gelombang elektromagnetik ke ruang bebas.

2.7.4 Komponen Utama Transmitter

Sebuah transmitter umumnya terdiri dari:

1. Oscillator – menghasilkan sinyal pembawa (*carrier*).
2. Modulator – menggabungkan sinyal informasi dengan carrier.
3. Encoder – mengubah data ke format tertentu.
4. Power Amplifier – memperbesar daya sinyal.
5. Filter – menyaring sinyal agar sesuai dengan spektrum frekuensi.
6. Antena – memancarkan sinyal ke media transmisi.

2.7.5 Jenis-Jenis Transmitter

1. Berdasarkan Jenis Sinyal

a. Transmitter Analog.

b. Transmitter Digital.

2. Berdasarkan Media Transmisi

a. RF Transmitter (*Radio Frequency*).

b. Optical Transmitter.

c. Wired Transmitter.

3. Berdasarkan Aplikasi

a. Transmitter komunikasi radio.

b. Transmitter kendali jarak jauh (*RC transmitter*).

c. Transmitter industri (*instrument transmitter*).

d. Transmitter IoT dan sensor nirkabel.

2.7.6Transmitter dalam Sistem Kendali Nirkabel

Pada sistem kendali nirkabel, transmitter berfungsi sebagai pengirim sinyal perintah dari operator ke sistem yang dikendalikan. Contohnya pada:

a. Kendaraan tanpa awak.

b. Robot industry.

c. Sistem kendali kapal.

d. istem otomasi berbasis IoT.

Transmitter memastikan bahwa perintah yang dikirimkan akurat, cepat, dan aman, sehingga sistem dapat merespons sesuai dengan yang diinginkan.

2.7.7Kelebihan dan Keterbatasan Transmitter

Kelebihan:

a. Memungkinkan komunikasi jarak jauh.

b. Fleksibel dan mudah dikembangkan.

c. Mendukung sistem otomasi dan kendali modern.

Keterbatasan:

a. Rentan terhadap interferensi.

b. Terpengaruh redaman dan noise.

c. Keterbatasan daya pancar dan regulasi frekuensi.

2.8 Receiver

2.8.1 Pengertian Receiver



Gambar 2. 11 Receiver R6FG

Pada gambar 2.11, Receiver merupakan perangkat penerima sinyal dalam sistem komunikasi dan sistem kendali jarak jauh yang berfungsi untuk menerima, memproses, dan menerjemahkan sinyal yang dikirimkan oleh perangkat pemancar (*transmitter*). Sinyal yang diterima kemudian diubah menjadi sinyal kendali atau sinyal listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan aktuator atau mengendalikan fungsi tertentu pada sistem.

Dalam sistem kendali jarak jauh berbasis radio link, receiver memiliki peranan penting sebagai penghubung antara sistem komunikasi dan sistem kendali fisik pada objek yang dikendalikan.

1. Fungsi Utama Receiver

   Fungsi utama receiver meliputi:

a. Menerima sinyal radio dari transmitter.
b. Melakukan proses demodulasi dan decoding sinyal.
c. Menghasilkan sinyal kendali yang sesuai dengan perintah operator.
d. Menyalurkan sinyal ke aktuator atau unit pengendali.

   Receiver memastikan perintah kendali dapat diterjemahkan dengan benar.

2. Prinsip Kerja Receiver

Receiver bekerja dengan menangkap gelombang radio melalui antena. Sinyal yang diterima kemudian diperkuat, disaring, dan diproses untuk memisahkan data kendali dari gangguan sinyal. Setelah itu, sinyal diterjemahkan menjadi keluaran listrik yang sesuai dengan fungsi masing-masing channel kendali.

Proses ini berlangsung secara real time sehingga sistem dapat merespons perintah secara langsung.

3. Komponen Utama Receiver

Secara umum, receiver terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

a. Antena penerima, untuk menangkap sinyal radio.
b. Rangkaian penerima RF, untuk memproses sinyal.
c. Unit pemroses sinyal, untuk decoding data.
d. Output channel, sebagai jalur sinyal kendali.

Kinerja receiver sangat dipengaruhi oleh kualitas masing-masing komponen tersebut.

4. Karakteristik Receiver

Beberapa karakteristik penting receiver meliputi:

a. Jumlah channel output.
b. Sensitivitas penerimaan sinyal.
c. Kompatibilitas dengan transmitter.
d. Stabilitas sinyal.

Karakteristik ini menentukan keandalan sistem kendali jarak jauh.

5. Peranan Receiver dalam Sistem Kendali Jarak Jauh

Receiver berperan sebagai penghubung utama antara remote control dan sistem mekanik atau elektronik. Tanpa receiver, perintah yang dikirimkan oleh remote control tidak dapat diterjemahkan menjadi aksi nyata pada objek yang dikendalikan.

6. Penerapan Receiver pada Prototipe Kapal PSV

   Dalam prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), receiver digunakan untuk menerima sinyal kendali dari remote control RC 4GS V2. Sinyal tersebut kemudian disalurkan ke motor penggerak dan sistem kemudi, sehingga prototipe kapal dapat bergerak sesuai dengan perintah operator.

2.8.2 Peran Reicever dalam Sistem Kendali

Receiver memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem kendali jarak jauh, karena berfungsi sebagai penghubung utama antara perangkat pengirim (remote control/transmitter) dan sistem penggerak pada objek yang dikendalikan. Keberadaan receiver memastikan bahwa perintah kendali yang dikirimkan oleh operator dapat diterima, diproses, dan diterjemahkan menjadi aksi nyata pada sistem.

1. Penerima Sinyal Kendali

   Peran utama receiver adalah menerima sinyal kendali yang dikirimkan oleh transmitter melalui media transmisi, seperti gelombang radio. Receiver menangkap sinyal tersebut menggunakan antena dan memastikan sinyal diterima dengan kualitas yang memadai untuk diproses lebih lanjut.

2. Penerjemah Perintah Kendali

   Receiver berfungsi untuk menerjemahkan sinyal komunikasi menjadi sinyal kendali yang dapat dimengerti oleh sistem elektronik dan aktuator. Proses ini meliputi decoding data dan pemisahan setiap channel kendali sesuai fungsinya masing-masing.

3. Penyalur Sinyal ke Aktuator

   Setelah diterjemahkan, sinyal kendali disalurkan ke aktuator, seperti motor penggerak dan servo motor. Dengan demikian, receiver berperan langsung dalam mengubah perintah operator menjadi gerakan fisik pada objek yang dikendalikan.

4. Penjaga Stabilitas Sistem Kendali

   Receiver berperan dalam menjaga stabilitas dan keandalan sistem kendali dengan memastikan sinyal yang diterima bebas dari gangguan dan kesalahan interpretasi. Stabilitas ini sangat penting untuk mencegah kesalahan gerak yang dapat mengganggu proses pengujian.

5. Penghubung Antar Subsistem

   Receiver menjadi penghubung antara subsistem komunikasi dan subsistem kendali mekanik. Tanpa receiver, kedua subsistem tersebut tidak dapat bekerja secara terintegrasi.

6. Pendukung Kendali Real Time

   Receiver memungkinkan sistem kendali bekerja secara real time, di mana perubahan perintah dari operator dapat langsung direspon oleh sistem. Hal ini penting dalam pengendalian objek bergerak seperti prototipe kapal.

7. Peran Receiver dalam Prototipe Kapal PSV

   Pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), receiver berperan dalam:

a. Menerima perintah kendali dari remote control.
b. Mengatur distribusi sinyal ke sistem penggerak dan kemudi.
c. Menjamin respon gerak kapal sesuai perintah operator.

   Peran ini menjadikan receiver sebagai komponen vital dalam sistem kendali prototipe kapal.

2.8.3 Integrasi Reicever dengan Akuator

1. Pengertian Integrasi Receiver dengan Aktuator

   Integrasi receiver dengan aktuator merupakan proses penghubungan dan penyelarasan antara perangkat penerima sinyal kendali (*receiver*) dan perangkat pelaksana perintah (*aktuator*) dalam suatu sistem kendali. Integrasi ini bertujuan agar sinyal kendali yang diterima dari sistem komunikasi dapat diterjemahkan secara tepat menjadi gerakan atau aksi fisik pada sistem.

Dalam sistem kendali jarak jauh, integrasi yang baik antara receiver dan aktuator menentukan akurasi, responsivitas, dan keandalan sistem secara keseluruhan.

2. Peran Receiver dalam Integrasi Sistem

   Receiver berfungsi sebagai pusat distribusi sinyal kendali. Sinyal yang diterima dari transmitter dipisahkan berdasarkan channel dan kemudian disalurkan ke aktuator yang sesuai. Receiver memastikan setiap aktuator menerima sinyal kendali yang tepat sesuai dengan fungsinya.

3. Peran Aktuator dalam Sistem Kendali

   Aktuator merupakan komponen yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanik atau aksi fisik. Dalam prototipe kapal, aktuator umumnya berupa motor penggerak dan servo motor yang berfungsi untuk menghasilkan gerakan maju, mundur, serta perubahan arah.

4. Mekanisme Integrasi Receiver dan Aktuator

   Integrasi receiver dan aktuator dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

a. Receiver menerima sinyal kendali dari remote control.
b. Sinyal diterjemahkan sesuai masing-masing channel.
c. Sinyal kendali dikirim ke aktuator melalui jalur output.
d. Aktuator merespon sinyal dengan menghasilkan gerakan.

   Mekanisme ini memungkinkan sistem kendali bekerja secara sinkron dan terkoordinasi.

5. Media Penghubung Receiver dan Aktuator

   Media penghubung antara receiver dan aktuator dapat berupa:

a. Kabel sinyal.
b. Modul pengendali tambahan, seperti *Electronic Speed Controller* (ESC).
c. Antarmuka kontrol lainnya.

   Media penghubung ini berfungsi menyesuaikan karakteristik sinyal dari receiver dengan kebutuhan aktuator.

6. Tantangan dalam Integrasi Receiver dan Aktuator

   Beberapa tantangan dalam integrasi receiver dengan aktuator meliputi:

a. Perbedaan karakteristik sinyal.
b. Kebutuhan daya yang berbeda.
c. Potensi gangguan sinyal.

   Oleh karena itu, perencanaan integrasi yang baik sangat diperlukan.

7. Integrasi Receiver dan Aktuator pada Prototipe Kapal PSV

   Dalam prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), receiver diintegrasikan dengan motor penggerak dan sistem kemudi. Receiver menerima perintah kendali dari remote control dan menyalurkannya ke aktuator, sehingga prototipe kapal dapat bergerak sesuai dengan perintah operator. Integrasi ini memungkinkan pengujian sistem kendali kapal secara efektif dan aman.

2.9 Motor Penggerak dan Servo Motor

2.9.1 Motor Penggerak



Gambar 2. 12 Mesin Zenoah

Pada gambar 2.12, Motor penggerak merupakan perangkat elektromekanis yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak putar atau gerak linier. Motor ini digunakan sebagai sumber utama tenaga penggerak dalam berbagai sistem mekanik, termasuk kendaraan, mesin industri, dan prototipe penelitian.

Dalam sistem kendali prototipe kapal, motor penggerak berperan sebagai komponen utama yang menghasilkan gaya dorong untuk menggerakkan kapal di atas permukaan air.

Sebagai penggerak propeller digunakan motor listrik berjenis *Brushless Direct Current* (BLDC) motor. BLDC merupakan motor sinkron yang menggunakan permanen magnet pada rotor serta lilitan pada stator sebagai medan magnet nya. Cara kerja pada motor BLDC yaitu permanen magnet yang ada pada rotor akan ditarik dan di dorong oleh gaya elektromagnet stator yang diatur oleh driver motor[13].

Dalam konteks pengendalian propulsi menggunakan motor thruster, segala aspek parameter harus dimaksimalkan berdasarkan trialdan analisapeforma untuk kepastian hasil respon yang optimal dan stabilitasberdasrkanperpindahan posisi operasi. Pengklasifikasian nilai yang benar akan memberikan pengaruh pada kondisi dinamika pada penggerak serta peforma.

1. Fungsi Motor Penggerak dalam Sistem Kendali
   Fungsi utama motor penggerak antara lain:

a. Menghasilkan tenaga untuk menggerakkan system.
b. Mengatur kecepatan dan arah gerak.
c. Menyesuaikan respon gerak terhadap perintah kendali.
d. Mendukung pengujian kinerja sistem kendali.
   Motor penggerak menjadi elemen kunci dalam mengubah perintah kendali menjadi gerakan nyata.

2. Prinsip Kerja Motor Penggerak
   Motor penggerak bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara medan magnet dan arus listrik. Ketika arus listrik dialirkan ke kumparan motor, medan magnet yang terbentuk akan menghasilkan gaya yang menyebabkan poros motor berputar. Putaran ini kemudian diteruskan ke sistem mekanik untuk menghasilkan gerakan.

3. Jenis Motor Penggerak

   Motor penggerak dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a. Motor DC, umum digunakan pada prototipe karena pengendaliannya sederhana[14].
b. Motor AC, banyak digunakan pada sistem industry.
c. Motor Brushless DC (BLDC), memiliki efisiensi tinggi dan umur pakai lebih lama.

   Pemilihan jenis motor disesuaikan dengan kebutuhan sistem dan skala prototipe.

4. Karakteristik Motor Penggerak

   Beberapa karakteristik penting motor penggerak meliputi:

a. Daya dan torsi.
b. Kecepatan putar.
c. Efisiensi.
d. Konsumsi energi.

   Karakteristik ini mempengaruhi performa keseluruhan sistem penggerak.

5. Integrasi Motor Penggerak dengan Sistem Kendali

   Dalam sistem kendali jarak jauh, motor penggerak diintegrasikan dengan receiver melalui perangkat pengendali tambahan, seperti *Electronic Speed Controller* (ESC). ESC berfungsi mengatur besar arus listrik yang masuk ke motor sehingga kecepatan dan arah putaran motor dapat dikendalikan secara presisi.

6. Peranan Motor Penggerak pada Prototipe Kapal PSV

   Pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), motor penggerak digunakan untuk menghasilkan gaya dorong yang memutar baling-baling kapal. Pengaturan kecepatan dan arah putaran motor memungkinkan prototipe kapal bergerak maju, mundur, dan melakukan manuver sesuai perintah operator.

7. Keunggulan dan Keterbatasan Motor Penggerak pada Prototipe

   Keunggulan motor penggerak antara lain:

a. Mudah dikendalikan.
b. Efisien untuk skala prototipe.
c. Respons cepat terhadap perintah kendali.

   Namun, motor penggerak juga memiliki keterbatasan seperti keterbatasan daya dan ketergantungan pada sumber listrik.

2.9.2 Servo Motor



Gambar 2. 13 Servo Motor

Pada gambar 2.13, Servo motor merupakan perangkat elektromekanis yang digunakan untuk mengendalikan posisi, sudut, atau gerakan secara presisi berdasarkan sinyal kendali yang diberikan. Servo motor bekerja dalam sistem kendali tertutup (*closed-loop*), di mana posisi keluaran terus dipantau dan disesuaikan agar sesuai dengan perintah yang diterima[15].

Servomotor adalah motor yang digunakan untuk mengontrol posisi atau kecepatan dalam sistem kontrol loop tertutup. Fungsi servomotor adalah untuk berputar pada rentang kecepatan yang luas dan juga untuk melaksanakan instruksi kontrol posisi dan kecepatan yang diberikan. Servomotor DC dan AC digunakan dalam aplikasi karena struktur mesinnya secara umum. Ketika kondisi daya rendah dan kecepatan variabel, servomotor AC lebih disukai dalam sistem kontrol karena kemampuan kontrolnya[16].

Dalam aplikasi prototipe, servo motor banyak digunakan karena kemampuannya dalam menghasilkan gerakan yang akurat dan responsif.

1. Fungsi Servo Motor dalam Sistem Kendali

   Fungsi utama servo motor antara lain:

a. Mengatur posisi dan sudut gerak secara presisi.
b. Mengendalikan arah gerak system.
c. Menyesuaikan gerakan dengan perintah kendali.
d. Mendukung stabilitas dan akurasi system.

   Servo motor berperan penting dalam aplikasi yang membutuhkan kendali posisi yang tepat.

2. Prinsip Kerja Servo Motor

   Servo motor bekerja dengan menerima sinyal kendali dari sistem pengendali, biasanya berupa sinyal pulsa (PWM). Sinyal tersebut dibandingkan dengan posisi aktual motor melalui sensor internal. Jika terdapat perbedaan, sistem akan menyesuaikan putaran motor hingga posisi yang diinginkan tercapai[17]

   Prinsip ini memungkinkan servo motor mempertahankan posisi dengan akurasi tinggi.

3. Komponen Utama Servo Motor

   Servo motor terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

a. Motor listrik, sebagai penggerak utama.
b. Gear box, untuk meningkatkan torsi.
c. Sensor posisi, untuk umpan balik.
d. Rangkaian kontrol, untuk pengolahan sinyal.

   Integrasi komponen tersebut memungkinkan servo motor bekerja secara optimal.

4. Karakteristik Servo Motor

   Karakteristik utama servo motor meliputi:

a. Sudut kerja tertentu.
b. Torsi yang relatif stabil.
c. Respons cepat terhadap perubahan sinyal.
d. Konsumsi daya yang efisien.

   Karakteristik ini menjadikan servo motor cocok untuk sistem kendali presisi.

5. Integrasi Servo Motor dalam Sistem Kendali Jarak Jauh

   Dalam sistem kendali jarak jauh, servo motor menerima sinyal kendali dari receiver melalui channel tertentu. Sinyal ini kemudian digunakan untuk mengatur posisi servo motor sesuai perintah operator.

6. Peranan Servo Motor pada Prototipe Kapal PSV

   Pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), servo motor umumnya digunakan untuk mengendalikan sistem kemudi. Servo motor mengatur sudut kemudi kapal sehingga arah gerak kapal dapat dikendalikan secara presisi dan responsif.

7. Keunggulan dan Keterbatasan Servo Motor

   Keunggulan servo motor antara lain:

a. Kendali posisi presisi.
b. Mudah diintegrasikan.
c. Respon cepat.

   Namun, servo motor juga memiliki keterbatasan, seperti sudut gerak terbatas dan daya yang relatif kecil.

2.9.3 Hubungan Motor dan Sistem Kendali

Pada sistem kendali remote control prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), motor penggerak merupakan aktuator utama yang berfungsi mengubah sinyal kendali menjadi gerakan mekanik berupa putaran baling-baling untuk menghasilkan gaya dorong kapal. Sementara itu, sistem kendali berperan sebagai pengatur dan pengendali kerja motor agar kecepatan dan arah gerak kapal dapat dikontrol sesuai dengan perintah operator[18].

Hubungan antara motor penggerak dan sistem kendali bersifat langsung dan saling bergantung, karena motor tidak dapat bekerja secara terarah tanpa adanya sistem kendali, dan sistem kendali tidak akan menghasilkan keluaran fisik tanpa adanya motor sebagai aktuator.

2.10 Prinsip Kerja Sistem Kendali Prototipe Kapal PSV

Prinsip kerja sistem kendali dimulai dari pemberian perintah oleh operator melalui remote control RC 4GS V2. Sinyal kendali dipancarkan melalui radio link 2,4 GHz dan diterima oleh receiver yang terpasang pada prototipe kapal. Selanjutnya, receiver meneruskan sinyal tersebut ke motor penggerak dan servo motor sehingga prototipe kapal dapat bergerak dan bermanuver sesuai perintah yang diberikan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Adapun waktu dan tempat pada pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.1.1 Waktu

Waktu yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dimulai dari lai dari November 2025 sampai Juni 2026.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No.	Keterangan	Bulan Ke							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Kajian Literatur								
2.	Penyusunan Proposal Penelitian								
3.	Penulisan BAB I sampai BAB III								
4.	Seminar Proposal								
5.	Analisa Data								
6.	Seminar Hasil								
7.	Sidang Akhir								

3.1.2 Tempat

Tempat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini di Jln, Mucthar Basri, Medan, Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian merupakan komponen penting yang digunakan untuk mendukung proses perancangan, perakitan, pengujian, dan analisis sistem kendali remote control pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV). Pemilihan alat dan bahan dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian fungsi, kemudahan integrasi, serta relevansinya terhadap tujuan penelitian.

3.2.1 Alat Pengujian

Alat pengujian adalah perangkat yang digunakan untuk membantu proses perancangan, perakitan, pengujian, dan pengukuran selama penelitian berlangsung. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Remote Control (*Transmitter*) RC 4GS V2 2,4G 4CH

   Digunakan sebagai perangkat input untuk memberikan perintah kendali jarak jauh terhadap prototipe kapal. Transmitter ini berfungsi mengirimkan sinyal kendali ke receiver melalui frekuensi 2,4 GHz.
2. Receiver RC 4GS V2

   Berfungsi sebagai penerima sinyal radio dari transmitter. Receiver meneruskan sinyal kendali ke aktuator, yaitu motor penggerak dan servo motor melalui channel yang tersedia.
3. Multimeter Digital

   Digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan kontinuitas rangkaian listrik guna memastikan sistem kelistrikan bekerja dengan baik dan aman.
4. Peralatan Perakitan (Obeng, Tang, Solder, dll)

   Digunakan untuk proses pemasangan, penyambungan kabel, dan perakitan komponen sistem kendali pada prototipe kapal.
5. Alat Dokumentasi (Kamera / Smartphone)

   Digunakan untuk mendokumentasikan proses perakitan dan pengujian sebagai data pendukung penelitian.

3.2.2 Bahan Pengujian

Bahan penguji merupakan komponen yang menjadi bagian dari sistem kendali dan prototipe kapal PSV yang dirancang. Bahan-bahan yang digunakan antara lain:

1. Prototipe Badan Kapal Platform Supply Vessel (PSV)

   Digunakan sebagai objek penelitian dan media inplementasi sistem kendali jarak jauh.
2. Motor Penggerak

   Berfungsi sebagai penghasil gaya dorong yang menggerakkan prototipe kapal. Kecepatan motor di kendalikan melalui sinyal dari remote control.

3. Servo Motor

   Digunakan untuk mengendalikan sistem kemudi kapal dengan mengatur sudut belok kemudi kekanan atau ke kiri.

4. Electronic Speed Controller (ESC)

   Berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor penggerak berdasarkan sinyal PWM yang diterima dari receiver.

5. Sumber Daya Listrik (Baterai)

   Digunakan sebagai penyedia energi listrik bagi seluruh sistem kendali, termaksud reicever, motor penggerak, dan servo motor.

6. Kabel dan Konektor

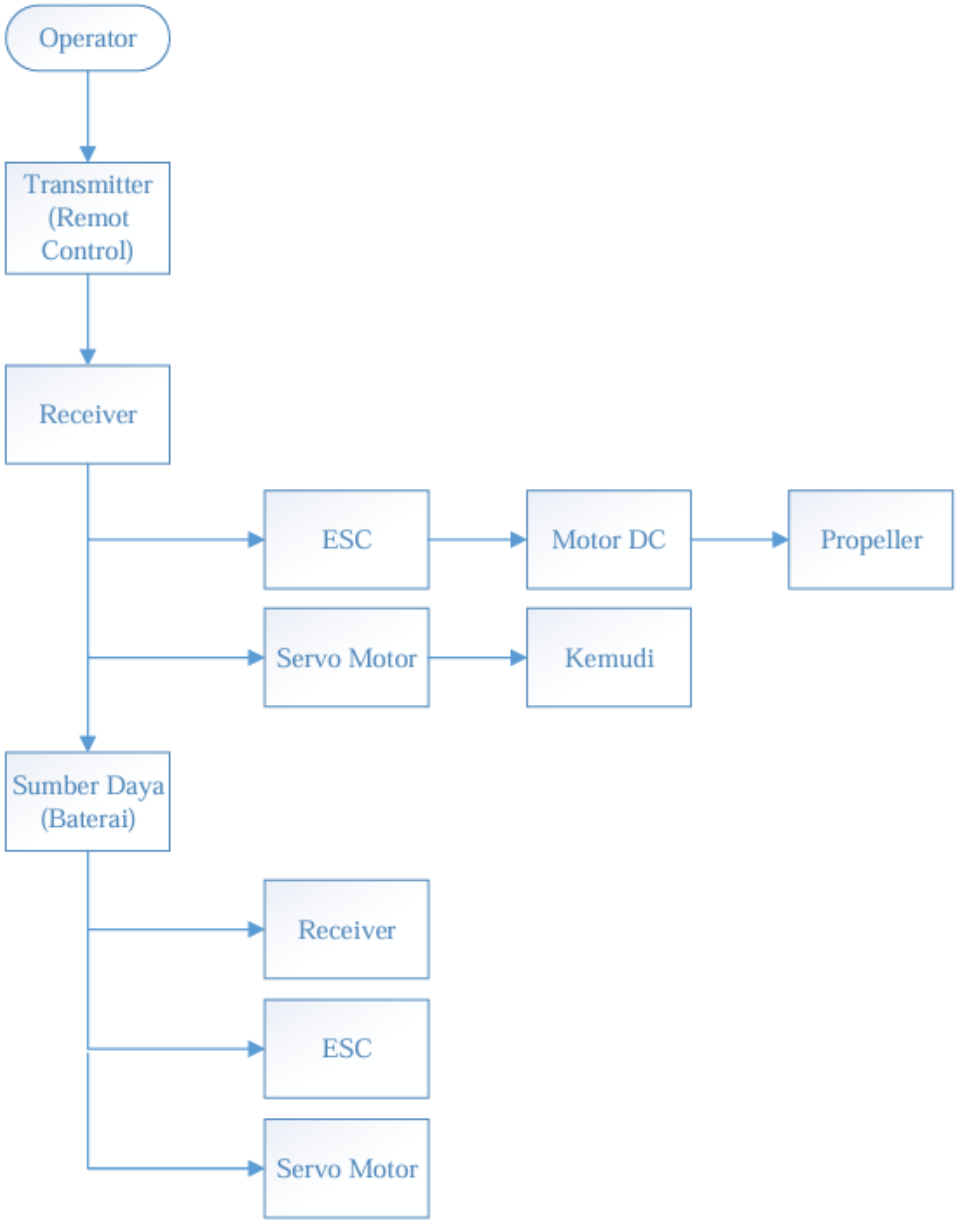
   Digunakan untuk menghubungkan seluruh komponen sistem kendali agar dapat bekerja secara terintegrasi.

7. Baling- baling dan Poros (Propeller System)

   Berfungsi untuk mengubah energi putaran motor menjadi gaya dorong pada air.

3.3 Perancangan Sistem

3.3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3 1 Diagram Blok Sistem

3.3.2 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal PSV adalah sebagai berikut:

1. Operator memberikan perintah melalui remote control.
2. Transmitter mengirimkan sinyal radio 2,4 GHz.
3. Receiver menerima dan menerjemahkan sinyal.
4. Sinyal kendali diteruskan ke motor penggerak dan servo.
5. Motor menghasilkan gaya dorong kapal.
6. Servo motor mengatur arah kemudi kapal.

3.4 Perancangan Perangkat Sistem (*Hardware*)

3.4.1 Sistem Kendali Motor Penggerak

Motor penggerak dikendalikan melalui ESC yang terhubung langsung ke receiver. Sinyal PWM dari receiver mengatur kecepatan putaran motor sehingga kecepatan kapal dapat dikendalikan secara bertahap.

3.4.2 Sistem Kendali Kemudi

Servo motor digunakan untuk mengendalikan sistem kemudi kapal. Servo menerima sinyal PWM dari receiver untuk mengatur sudut kemudi ke kanan atau ke kiri sesuai perintah operator.

3.5 Prosedur Pengujian Sistem

3.5.1 Pengujian Koneksi Radio Link

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan komunikasi antara transmitter dan receiver berjalan dengan baik pada jarak tertentu tanpa gangguan sinyal.

3.5.2 Pengujian Motor Penggerak

Pengujian motor dilakukan dengan mengamati respons kecepatan motor terhadap perubahan input pada remote control.

3.5.3 Pengujian Servo Motor

Pengujian servo motor dilakukan dengan mengamati pergerakan sudut kemudi terhadap input kendali arah dari remote control.

3.5.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan prototipe kapal PSV secara keseluruhan untuk memastikan semua komponen bekerja secara terintegrasi.

3.6 Teknik Pengumpulan DataData

Diperoleh melalui:

1. Pengamatan langsung terhadap respon system.
2. Pencatatan hasil pengujian motor dan servo.
3. Dokumentasi berupa foto dan video pengujian.

3.7 Teknik Analisa Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif, dengan membandingkan hasil pengujian terhadap tujuan perancangan sistem, meliputi:

1. Keandalan sistem kendali.
2. Respons motor dan servo.
3. Stabilitas komunikasi radio link.

3.8 Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)



Gambar 3 2 Flowchart

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan dan Realisasi Sistem

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sekaligus realisasi sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV) dengan memanfaatkan radio link RC 4GS V2 yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Sistem yang dirancang bertujuan untuk menghasilkan kendali yang stabil, responsif, dan mampu bekerja secara real-time sesuai dengan perintah operator.

Secara umum, sistem kendali yang dibangun terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem pengirim (transmitter) dan sistem penerima (receiver) yang terintegrasi dengan aktuator. Transmitter berfungsi sebagai perangkat input yang digunakan oleh operator untuk memberikan perintah kendali, sedangkan receiver berfungsi sebagai penerima sinyal yang kemudian menerjemahkannya menjadi sinyal kendali untuk menggerakkan komponen mekanik pada prototipe kapal.

Proses kerja sistem dimulai ketika operator memberikan input melalui remote control RC 4GS V2 berupa pergerakan tuas kendali. Input tersebut kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh transmitter dan dipancarkan dalam bentuk gelombang radio melalui frekuensi 2,4 GHz. Sinyal yang dipancarkan akan merambat melalui udara dan diterima oleh receiver yang terpasang pada prototipe kapal. Setelah sinyal diterima, receiver akan melakukan proses decoding untuk memisahkan sinyal berdasarkan channel yang digunakan. Selanjutnya, sinyal tersebut diteruskan ke aktuator, yaitu motor penggerak melalui Electronic Speed Controller (ESC) serta servo motor sebagai pengendali kemudi.

Dalam realisasinya, seluruh komponen sistem berhasil diintegrasikan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Sistem kelistrikan menggunakan baterai sebagai sumber daya utama yang mendistribusikan energi listrik ke seluruh komponen, termasuk receiver, ESC, dan servo motor. Koneksi antar komponen dilakukan menggunakan kabel dan konektor yang disusun secara sistematis untuk memastikan tidak terjadi gangguan pada aliran sinyal maupun distribusi daya.

Selain itu, konfigurasi channel pada sistem kendali juga telah disesuaikan dengan kebutuhan operasional prototipe kapal. Channel pertama digunakan untuk mengendalikan arah kemudi melalui servo motor, sedangkan channel kedua digunakan untuk mengatur kecepatan motor penggerak melalui ESC. Konfigurasi ini memungkinkan pengendalian gerak kapal secara simultan antara arah dan kecepatan, sehingga mendukung manuver kapal secara lebih optimal.

Berdasarkan hasil realisasi yang telah dilakukan, sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal PSV dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan prinsip kerja yang telah dirancang. Integrasi antara transmitter, receiver, serta aktuator menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara sinkron dan mendukung pengoperasian kapal secara real-time. Hal ini menjadi dasar yang kuat untuk melanjutkan ke tahap pengujian dan analisis kinerja sistem pada sub bab berikutnya.

4.2 Sistem Kerja

4.2.1 Integrasi Transmitter dan Receiver

Integrasi antara transmitter dan receiver merupakan tahap awal yang sangat penting dalam implementasi sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV). Pada penelitian ini, proses integrasi dilakukan dengan menghubungkan perangkat transmitter RC 4GS V2 dengan receiver yang kompatibel melalui mekanisme komunikasi radio berbasis frekuensi 2,4 GHz.

Tahapan pertama yang dilakukan adalah proses binding, yaitu proses sinkronisasi antara transmitter dan receiver agar keduanya dapat saling berkomunikasi. Proses ini dilakukan dengan mengaktifkan mode pairing pada receiver, kemudian menghubungkannya dengan transmitter hingga indikator koneksi menunjukkan bahwa kedua perangkat telah terhubung. Hasil dari proses binding menunjukkan bahwa transmitter dan receiver berhasil terkoneksi dengan baik, yang ditandai dengan respon indikator LED pada receiver yang stabil.

Setelah proses koneksi berhasil, dilakukan pengujian terhadap kemampuan receiver dalam menerima dan menerjemahkan sinyal yang dikirimkan oleh transmitter. Setiap pergerakan tuas kendali pada transmitter menghasilkan sinyal digital yang dikirimkan melalui gelombang radio dan diterima oleh receiver dalam bentuk sinyal PWM (Pulse Width Modulation). Sinyal ini kemudian didistribusikan ke masing-masing channel sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan.

4.2.2 Sistem Kendali Motor Penggerak

Sistem kendali motor penggerak pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV) diimplementasikan untuk Dalam implementasinya, sistem menggunakan dua channel utama, yaitu channel pertama untuk mengendalikan servo motor sebagai sistem kemudi, dan channel kedua untuk mengendalikan motor penggerak melalui Electronic Speed Controller (ESC). Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap perubahan posisi tuas pada transmitter dapat diterjemahkan dengan baik oleh receiver menjadi sinyal kendali yang sesuai, tanpa terjadi kesalahan pembacaan atau kehilangan sinyal pada kondisi jarak dekat hingga menengah.

Selain itu, kestabilan komunikasi antara transmitter dan receiver juga menunjukkan performa yang baik selama proses pengujian berlangsung. Tidak ditemukan gangguan signifikan seperti delay yang berlebihan atau kehilangan koneksi pada kondisi normal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem radio link yang digunakan mampu bekerja secara optimal dalam mendukung sistem kendali jarak jauh.

Dengan demikian, integrasi antara transmitter dan receiver dapat dikatakan berhasil dan memenuhi kebutuhan sistem kendali prototipe kapal PSV. Keberhasilan integrasi ini menjadi dasar utama dalam memastikan bahwa seluruh sistem kendali dapat bekerja secara terkoordinasi dan responsif pada tahap pengujian berikutnya.

mengatur pergerakan maju dan mundur kapal melalui pengendalian kecepatan putaran motor. Pada penelitian ini, motor penggerak dikendalikan menggunakan Electronic Speed Controller yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor berdasarkan sinyal yang diterima dari receiver.

Prinsip kerja sistem dimulai dari input yang diberikan oleh operator melalui tuas throttle pada transmitter. Pergerakan tuas tersebut akan menghasilkan sinyal digital yang dikirimkan melalui gelombang radio dan diterima oleh receiver dalam bentuk sinyal Pulse Width Modulation. Sinyal PWM ini kemudian diteruskan ke ESC untuk diolah menjadi sinyal keluaran yang sesuai dengan kebutuhan motor, sehingga dapat mengatur kecepatan dan arah putaran motor secara proporsional.

Dalam proses implementasi, ESC dihubungkan langsung dengan channel throttle pada receiver, sedangkan output ESC terhubung dengan motor penggerak. Selain itu, ESC juga berperan sebagai penghubung distribusi daya dari baterai ke motor, sehingga mampu mengatur besar kecilnya tegangan yang diberikan sesuai dengan sinyal kendali yang diterima.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem kendali motor penggerak menunjukkan kinerja yang baik. Motor mampu berputar secara bertahap sesuai dengan perubahan posisi tuas throttle pada transmitter. Ketika tuas digerakkan secara perlahan, kecepatan motor meningkat secara gradual, sedangkan ketika tuas dikembalikan ke posisi netral, motor akan berhenti secara halus tanpa terjadi hentakan yang signifikan. Selain itu, sistem juga mampu mengatur arah putaran motor untuk menghasilkan gerakan maju dan mundur sesuai dengan perintah yang diberikan.

Dari segi respons, motor menunjukkan reaksi yang cepat terhadap perubahan input dari transmitter, dengan latensi yang sangat kecil sehingga dapat dikatakan bekerja secara real-time. Tidak ditemukan adanya keterlambatan yang berarti ataupun gangguan pada saat perubahan kecepatan dilakukan secara berulang. Hal ini menunjukkan bahwa ESC mampu menerjemahkan sinyal PWM dari receiver dengan baik dan menghasilkan kontrol yang stabil terhadap motor.

Dengan demikian, sistem kendali motor penggerak yang telah diimplementasikan dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan mampu mendukung pergerakan prototipe kapal secara optimal. Kinerja sistem yang responsif dan stabil ini menjadi faktor penting dalam menunjang pengoperasian kapal, terutama dalam hal pengaturan kecepatan dan manuver selama proses pengujian berlangsung.

4.2.3 Sistem Kendali Kemudi (Servo Motor)

Sistem kendali kemudi pada prototipe kapal Platform Supply Vessel diimplementasikan menggunakan servo motor yang berfungsi untuk mengatur arah gerak kapal melalui perubahan sudut kemudi. Sistem ini merupakan bagian penting dalam mendukung kemampuan manuver kapal, khususnya dalam melakukan pergerakan belok ke kanan maupun ke kiri.

Prinsip kerja sistem kendali kemudi dimulai dari input yang diberikan oleh operator melalui tuas kendali pada transmitter. Pergerakan tuas tersebut akan menghasilkan sinyal digital yang dikirimkan melalui gelombang radio dan diterima oleh receiver dalam bentuk sinyal Pulse Width Modulation. Sinyal PWM ini memiliki variasi lebar pulsa yang merepresentasikan posisi sudut tertentu, yang kemudian digunakan untuk mengatur posisi servo motor.

Dalam implementasinya, servo motor dihubungkan dengan channel pertama pada receiver yang telah dikonfigurasi sebagai pengendali arah kemudi. Sinyal PWM yang diterima oleh servo akan langsung diterjemahkan menjadi pergerakan sudut poros servo, yang selanjutnya diteruskan ke mekanisme kemudi kapal. Dengan demikian, setiap perubahan posisi tuas pada transmitter akan menghasilkan perubahan arah kemudi secara langsung.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem kendali kemudi menunjukkan kinerja yang baik dan responsif. Servo motor mampu bergerak ke arah kanan maupun kiri sesuai dengan input yang diberikan oleh operator. Pergerakan servo terjadi secara proporsional, di mana besar sudut yang dihasilkan sebanding dengan posisi tuas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan kontrol yang presisi terhadap arah gerak kapal.

Selain itu, respon servo motor terhadap perubahan input tergolong cepat, sehingga pergerakan kemudi dapat terjadi secara real-time tanpa adanya keterlambatan yang signifikan. Selama proses pengujian, tidak ditemukan gangguan seperti jitter atau getaran pada servo yang dapat mempengaruhi kestabilan arah kemudi. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal PWM yang diterima oleh servo dalam kondisi cukup stabil.

Dengan demikian, sistem kendali kemudi yang diimplementasikan menggunakan servo motor telah mampu bekerja sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan. Sistem ini dapat memberikan kontrol arah yang akurat dan responsif, sehingga mendukung performa manuver prototipe kapal secara keseluruhan dalam berbagai kondisi pengujian.

4.3 Hasil Pengujian Sistem

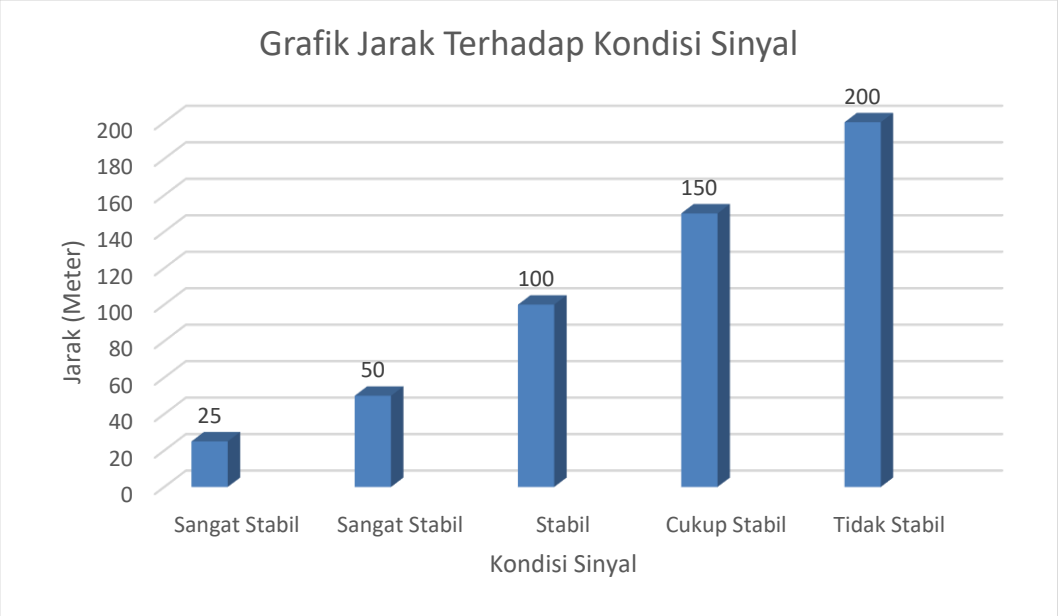
4.3.1 Pengujian Jangkauan Sinyal

Pengujian dilakukan untuk mengetahui jarak maksimum antara transmitter dan receiver, Hasil pengujian ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem

Jarak (meter)	Kondisi Sinyal	Keterangan
0 – 25 m	Sangat Stabil	Respon Sangat Stabil
25 – 50 m	Sangat Stabil	Respon Sangat Stabil
50 – 100 m	Stabil	Tidak ada Gangguan
100 – 150 m	Cukup Stabil	Mulai ada Sedikit Stabil
150 – 200 m	Tidak Stabil	Sinyal Mulai Terputus

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jangkauan optimal sistem berada pada kisaran **≤ 100 meter.**



Gambar 4. 1 Grafik Jarak Terhadap Kondisi Sinyal



Gambar 4. 2 Pengujian Jangkauan Sinyal

Pengujian jangkauan sinyal dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem komunikasi antara transmitter dan receiver dalam mengendalikan prototipe kapal Platform Supply Vessel pada kondisi nyata. Berdasarkan gambar 4.2 hasil pengujian, terlihat bahwa pengujian dilakukan pada sebuah kolam terbuka dengan permukaan air yang cukup luas dan minim penghalang di sekitar area operasi.

Lingkungan pengujian yang berupa kolam terbuka dengan permukaan air memberikan kondisi yang cukup ideal untuk propagasi gelombang radio, karena tidak terdapat banyak hambatan fisik seperti dinding atau bangunan padat. Namun demikian, permukaan air yang luas juga dapat menyebabkan efek pantulan (refleksi) sinyal radio yang berpotensi mempengaruhi kestabilan komunikasi antara transmitter dan receiver.

Metode pengujian dilakukan dengan mengoperasikan prototipe kapal di atas permukaan air, kemudian posisi operator yang memegang transmitter dijauhkan secara bertahap dari kapal. Pada setiap perubahan jarak, dilakukan pengamatan terhadap respon pergerakan kapal, kestabilan sinyal, serta kemampuan sistem dalam menerima perintah kendali.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada kondisi tersebut, pada jarak dekat kapal dapat dikendalikan dengan sangat baik. Respon antara perintah dari transmitter dan pergerakan kapal berlangsung secara langsung tanpa adanya keterlambatan. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal yang diterima oleh receiver dalam kondisi sangat kuat dan stabil.

Ketika jarak antara transmitter dan kapal diperbesar, sistem masih mampu bekerja dengan baik, namun mulai terlihat adanya sedikit penurunan kualitas sinyal. Pada kondisi ini, pergerakan kapal masih sesuai dengan perintah, tetapi respon yang dihasilkan tidak secepat pada jarak dekat. Penurunan ini dipengaruhi oleh jarak transmisi serta kondisi lingkungan sekitar.

Pada jarak yang lebih jauh, terutama mendekati batas jangkauan sistem, mulai terjadi gangguan pada komunikasi sinyal. Hal ini ditandai dengan respon kapal yang tidak konsisten, seperti keterlambatan dalam bergerak atau pergerakan yang tidak sepenuhnya sesuai dengan input yang diberikan. Selain itu, pantulan sinyal dari permukaan air juga dapat menyebabkan interferensi yang mempengaruhi kestabilan sinyal yang diterima oleh receiver.

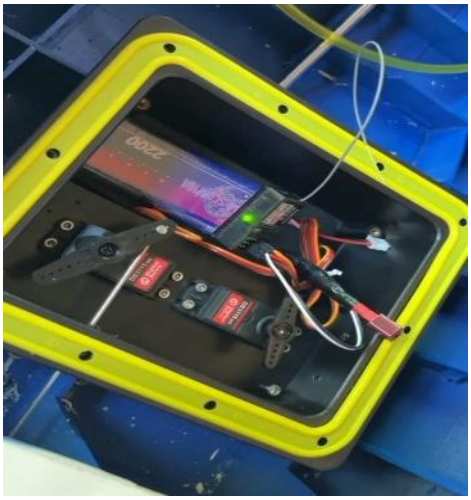
Dari hasil pengujian yang dilakukan pada lingkungan kolam terbuka seperti pada gambar, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali memiliki performa yang optimal pada jarak dekat hingga menengah. Namun, pada jarak yang lebih jauh, kualitas sinyal mengalami penurunan akibat faktor redaman sinyal, interferensi, serta efek refleksi dari permukaan air.

Dengan demikian, kondisi lingkungan pengujian yang berupa kolam terbuka memberikan gambaran nyata mengenai performa sistem kendali dalam aplikasi sebenarnya. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun sistem mampu bekerja dengan baik pada kondisi ideal, tetap terdapat keterbatasan jangkauan yang perlu diperhatikan dalam pengoperasiannya.

4.3.2 Pengujian Respon Kendali

Pengujian respon dilakukan dengan mengamati waktu reaksi antara input dan output:

1. Respon motor : cepat (real-time).
2. Respon servo : sangat cepat dan presisi.
3. Latensi sistem : sangat kecil (tidak signifikan).



Gambar 4. 3 Pengujian Motor Servo

Pada gambar 4.3 pengujian respon kendali dilakukan untuk mengetahui kecepatan dan ketepatan sistem dalam merespon perintah yang diberikan oleh operator melalui transmitter terhadap aktuator yang terdapat pada prototipe kapal Platform Supply Vessel. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem kendali mampu bekerja secara real-time dan memberikan respon yang stabil tanpa adanya keterlambatan yang signifikan.

Berdasarkan gambar hasil implementasi sistem, terlihat bahwa seluruh komponen utama seperti receiver, baterai, Electronic Speed Controller, serta servo motor telah terpasang dan terintegrasi dengan baik dalam satu wadah tertutup. Receiver yang digunakan berfungsi sebagai pusat penerima sinyal dari transmitter, yang kemudian mendistribusikan sinyal tersebut ke aktuator berupa motor penggerak dan servo motor melalui koneksi kabel. Selain itu, baterai sebagai sumber daya utama juga terhubung secara langsung untuk menyuplai kebutuhan energi sistem secara keseluruhan.

Metode pengujian dilakukan dengan memberikan variasi input pada transmitter, seperti perubahan posisi tuas throttle untuk mengatur kecepatan motor serta pergerakan tuas kemudi untuk mengatur arah servo. Setiap perubahan input diamati responnya pada aktuator, baik dari segi kecepatan reaksi maupun kesesuaian gerakan yang dihasilkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali memiliki respon yang cepat terhadap setiap perintah yang diberikan. Pada saat tuas throttle digerakkan, motor penggerak dapat merespon secara langsung melalui ESC tanpa adanya jeda yang berarti. Perubahan kecepatan motor terjadi secara bertahap dan sesuai dengan besar kecilnya input yang diberikan oleh operator.

Selain itu, respon servo motor dalam mengatur arah kemudi juga menunjukkan performa yang baik. Servo mampu bergerak secara langsung mengikuti perubahan posisi tuas kendali dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Pergerakan servo terjadi secara halus dan proporsional, tanpa adanya getaran atau gangguan yang dapat mempengaruhi kestabilan sistem.

Kecepatan respon sistem ini dipengaruhi oleh kualitas komunikasi antara transmitter dan receiver, serta kemampuan receiver dalam memproses sinyal PWM yang diterima. Berdasarkan hasil pengujian, tidak ditemukan adanya delay yang signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja secara real-time. Hal ini juga didukung oleh kondisi wiring dan koneksi antar komponen yang tersusun dengan baik, sehingga meminimalkan gangguan sinyal maupun penurunan performa.

Dengan demikian, pengujian respon kendali menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan respon yang cepat, stabil, dan akurat terhadap perintah operator. Kinerja ini sangat penting dalam mendukung pengoperasian prototipe kapal, terutama dalam melakukan manuver yang membutuhkan ketepatan dan kecepatan respon secara langsung.

4.3.3 Pengujian Stabilitas Sinyal

Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan berbeda, yaitu:

1. Area terbuka → sinyal stabil.
2. Dekat gangguan elektromagnetik → terjadi sedikit noise.
3. Permukaan air → terdapat pantulan sinyal.



Gambar 4. 4 Pengujian Stabilitas Remot

Pada gambar 4.4 pengujian stabilitas sinyal dilakukan untuk mengetahui konsistensi komunikasi antara transmitter dan receiver dalam mengirimkan serta menerima sinyal kendali secara terus-menerus. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV) mampu bekerja secara stabil tanpa gangguan yang dapat mempengaruhi performa pengoperasian.

Berdasarkan gambar yang ditampilkan, terlihat bahwa transmitter yang digunakan adalah RadioLink RC 4GS yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz. Transmitter ini berfungsi sebagai pusat kendali utama yang digunakan oleh operator untuk memberikan perintah kepada sistem. Tampilan layar pada transmitter menunjukkan kondisi aktif, yang menandakan bahwa perangkat dalam keadaan siap digunakan dan terhubung dengan receiver.

Pengujian stabilitas sinyal dilakukan dengan mengoperasikan sistem dalam kondisi penggunaan normal, yaitu dengan memberikan perintah kendali secara terus-menerus dalam rentang waktu tertentu. Selama proses pengujian, dilakukan pengamatan terhadap kestabilan respon sistem, baik pada motor penggerak maupun servo kemudi, untuk melihat apakah terdapat gangguan seperti delay, jitter, atau kehilangan sinyal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa selama transmitter berada dalam kondisi aktif dan berada dalam jangkauan operasional, sistem mampu mempertahankan kestabilan sinyal dengan baik. Setiap perintah yang diberikan melalui transmitter dapat diterima oleh receiver secara konsisten dan diterjemahkan menjadi gerakan aktuator tanpa adanya gangguan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara transmitter dan receiver berlangsung secara kontinu dan stabil.

Namun demikian, dalam beberapa kondisi tertentu, seperti ketika jarak antara transmitter dan receiver semakin jauh atau terdapat potensi gangguan dari lingkungan sekitar, kestabilan sinyal dapat mengalami penurunan. Penurunan ini ditandai dengan munculnya respon yang sedikit tertunda atau pergerakan aktuator yang kurang konsisten. Selain itu, faktor lain seperti interferensi dari perangkat elektronik lain yang menggunakan frekuensi yang sama juga dapat mempengaruhi kualitas sinyal.

Meskipun demikian, secara keseluruhan sistem kendali yang menggunakan transmitter RC 4GS mampu memberikan performa stabil pada kondisi penggunaan normal. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi komunikasi pada frekuensi 2,4 GHz yang digunakan cukup andal dalam mendukung sistem kendali jarak jauh pada prototipe kapal.

Dengan demikian, pengujian stabilitas sinyal membuktikan bahwa sistem mampu bekerja secara konsisten dan dapat diandalkan selama berada dalam kondisi operasional yang sesuai. Stabilitas ini menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa kapal dapat dikendalikan dengan aman dan efektif selama proses pengujian maupun pengoperasian.

4.3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian keseluruhan:

1. Kapal dapat bergerak maju dan mundur dengan baik.
2. Kapal dapat berbelok sesuai perintah.
3. Sistem bekerja secara terintegrasi.



Gambar 4. 5 Pengujian Kapal Bergerak Maju

Pada gambar 4.5 pengujian pergerakan maju dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem kendali dalam menggerakkan prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV) secara lurus di permukaan air. Berdasarkan gambar yang ditampilkan, terlihat bahwa kapal diuji pada kolam terbuka dengan kondisi air yang relatif tenang.

Pada pengujian ini, operator memberikan input berupa peningkatan throttle melalui transmitter sehingga motor penggerak bekerja dan menghasilkan dorongan ke depan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapal mampu bergerak maju dengan stabil dan arah yang relatif lurus. Pergerakan kapal terlihat halus tanpa adanya gangguan yang signifikan pada sistem kendali.

Selain itu, respon sistem terhadap perintah maju tergolong cepat, di mana kapal langsung bergerak setelah input diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara transmitter, receiver, ESC, dan motor penggerak bekerja dengan baik. Dengan demikian, sistem kendali yang dirancang mampu mendukung pergerakan maju kapal secara optimal sesuai dengan tujuan pengujian.



Gambar 4. 6 Pengujian Kapal Bermanuver

Pada gambar 4.6 pengujian manuver dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem kendali dalam mengatur arah gerak prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV) saat melakukan perubahan arah di permukaan air. Berdasarkan gambar yang ditampilkan, terlihat bahwa kapal sedang melakukan pergerakan berbelok yang ditandai dengan jejak gelombang air di belakang kapal.

Pada pengujian ini, operator memberikan input pada tuas kemudi melalui transmitter sehingga servo motor menggerakkan sistem kemudi kapal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapal mampu melakukan manuver dengan baik, di mana arah pergerakan kapal berubah sesuai dengan perintah yang diberikan.

Selain itu, respon sistem terhadap perubahan arah tergolong cepat dan stabil. Kapal dapat berbelok secara halus tanpa kehilangan keseimbangan, meskipun terdapat pengaruh dari kondisi air. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali kemudi yang dirancang mampu bekerja secara optimal dalam mendukung kemampuan manuver kapal.

Namun, ditemukan beberapa kendala:

1. Delay pada jarak jauh.
2. Gangguan sinyal di lingkungan tertentu.

4.4 Pembahasan Berdasarkan Rumusan Masalah

4.4.1 Perancangan Sistem Kendali

Sistem berhasil dirancang dengan:

1. Arsitektur sederhana.
2. Komponen yang kompatibel.
3. Integrasi yang baik.

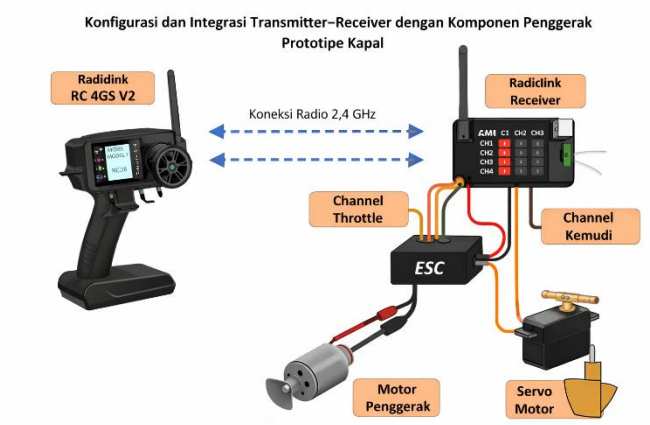
Sistem mampu menghasilkan kendali yang:

1. Stabil.
2. Responsif.
3. Real-time.

4.4.2 Integrasi Transmitter–Receiver dan Aktuator

Integrasi sistem menunjukkan bahwa:

1. Receiver mampu mendistribusikan sinyal ke aktuator.
2. ESC dan servo bekerja sesuai channel.
3. Tidak terjadi konflik sinyal.



Gambar 4. 7 Konfigurasi dan Integrasi

Pada gambar 4.7 menunjukkan konfigurasi sistem kendali jarak jauh yang menghubungkan transmitter RC 4GS V2 dengan receiver serta komponen penggerak utama pada prototipe kapal, yaitu motor penggerak melalui ESC dan servo motor sebagai sistem kemudi.

Secara umum, sistem ini bekerja dengan prinsip komunikasi nirkabel menggunakan frekuensi 2,4 GHz. Transmitter berfungsi sebagai perangkat input yang digunakan oleh operator untuk memberikan perintah kendali. Perintah tersebut dikirim dalam bentuk sinyal radio ke receiver yang terpasang pada kapal.

Receiver berperan sebagai pusat pengolah sinyal yang menerima data dari transmitter dan mendistribusikannya ke masing-masing channel sesuai dengan fungsi yang telah dikonfigurasi. Pada sistem ini, terdapat dua channel utama yang digunakan, yaitu channel throttle dan channel kemudi.

Channel throttle dihubungkan dengan Electronic Speed Controller. ESC berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor dengan cara mengubah sinyal PWM dari receiver menjadi arus listrik yang sesuai untuk menggerakkan motor. Dengan demikian, besar kecilnya input dari transmitter akan mempengaruhi kecepatan putaran motor, sehingga kapal dapat bergerak maju atau mundur.

Selanjutnya, channel kemudi dihubungkan dengan servo motor. Servo ini bertugas untuk mengatur arah pergerakan kapal dengan menggerakkan mekanisme kemudi (rudder). Sinyal PWM dari receiver akan menentukan sudut putaran servo, sehingga kapal dapat berbelok ke kanan atau ke kiri sesuai perintah operator.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sumber daya berupa baterai yang menyuplai energi listrik ke ESC dan receiver. ESC kemudian mendistribusikan daya ke motor, sementara receiver menggunakan daya tersebut untuk menjalankan sistem kontrol dan mengoperasikan servo.

Alur kerja sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

1. Operator memberikan input melalui transmitter.
2. Sinyal dikirim melalui gelombang radio 2,4 GHz.
3. Receiver menerima dan memproses sinyal.
4. Sinyal PWM didistribusikan ke ESC dan servo.
5. Motor menggerakkan kapal (maju/mundur).
6. Servo mengatur arah kapal (kanan/kiri).

Dengan konfigurasi ini, sistem mampu menghasilkan kendali yang terintegrasi antara kecepatan dan arah gerak kapal. Hal ini memungkinkan prototipe kapal untuk bergerak secara stabil, responsif, dan sesuai dengan perintah yang diberikan oleh operator hal ini membuktikan bahwa konfigurasi sistem sudah tepat.

4.4.3 Analisis Parameter Kinerja

Parameter utama:

1. Jangkauan : Optimal ≤ 100 meter.
2. Respons : Cepat dan real-time.
3. Stabilitas : Dipengaruhi interferensi.
4. Akurasi : Servo cukup presisi.

4.4.4 Evaluasi Kinerja Sistem

Kelebihan:

1. Sistem sederhana dan efektif.
2. Biaya rendah.
3. Mudah dioperasikan.
4. Respon cepat.

Kekurangan:

1. Jangkauan terbatas.
2. Rentan interferensi.
3. Tidak ada sistem otomatis.

4.5 Pembahasan Umum

Sistem kendali remote control pada prototipe kapal PSV telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Penggunaan RC 4GS V2 terbukti mampu memberikan kontrol yang stabil dan responsif.

Namun, sistem masih memiliki keterbatasan pada:

1. Jarak kendali.
2. Gangguan sinyal.
3. Ketergantungan pada kondisi lingkungan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kendali remote control pada prototipe kapal Platform Supply Vessel (PSV), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kendali jarak jauh menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2,4 GHz 4 channel berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik, serta mampu mengendalikan prototipe kapal secara stabil dan responsive sesuai dengan tujuan penelitian.
2. Konfigurasi dan integrasi antara transmitter, receiver, ESC, motor penggerak, dan servo kemudi telah berjalan dengan optimal, Dimana setiap komponen dapat bekerja secara sinkron dalam mengatur kecepatan dan arah kapal.
3. Berdasarkan pengujian sistem, diperoleh bahwa jangkauan kendali optimal mencapai ± 100 meter, respon sistem tergolong cepat (real-time), serta akurasi penggerakan servo cukup presisi dalam mengatur arah kapal. Sistem kendali mampu mengoprasikan kapal dalam berbagai kondisi pengujian, seperti bergerak maju, mundur, dan bermanuver dengan baik sesuai perintah operator.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu:

1. Perlu dilakukan peningkatan jangkauan sistem kendali dengan menggunakan perangkat komunikasi yang memiliki daya pancar lebih besar atau teknologi alternatif agar dapat digunakan pada area yang lebih luas.
2. Untuk meningkatkan kestabilan sinyal, disarankan menambahkan sistem anti-interferensi atau menggunakan frekuensi komunikasi yang lebih stabil terhadap gangguan lingkungan.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem kendali otomatis (autonomous system) dengan menambahkan mikrokontroler dan sersor navigasi agar kapal dapat beroperasi secara mandiri.
4. Perlu ditambahkan sistem keamanan seperti fail-safe system untuk mengantisipasi kehilangan sinyal saat pengoperasian berlangsung.
5. Pengujian lebih lanjut pada kondisi lingkungan yang berbeda, seperti perairan terbuka atau kondisi cuaca tertentu, perlu di lakukan untuk mengetahui performa sistem secara lebih menyeluruh.

TINJAUAN PUSTAKA

[1] Adib N. K. R, "Ri, K. P. (2022) Prototype Sistem Pemantauan Penggunaan Bahan Bakar Pada Kapal Menggunakan Thingspeak.," 2022.

[2] A. Jalil, "Sistem Kendali Perangkat Elektronik Jarak Jauh Berbasis Jaringan Nirkabel Menggunakan Secure Shell (SSH) dan robot Operating System (ROS)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 6, pp. 1205–1212, 2020, doi: 10.25126/jtiik.2020722737.

[3] M. Fiqri, B. Bukhari, and M. Razi, "Perancangan Sistem Kendali Prototipe Kapal Pariwisata Berbasis Arduino Uno," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 9, no. 2, p. 101, 2025, doi: 10.30811/jmst.v9i2.7848.

[4] S. Perencanaan, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "Pemodelan Sistem Kontrol Stabilizer PWM Motor Thruster Menggunakan Electric Speed Controller Pada Prototipe Autonomous Tourism Surface Vessel Berbasis PID Pemodelan Sistem Kontrol Stabilizer PWM Motor Thruster Menggunakan Electric Speed Controller Pada Pr," pp. 237–247.

[5] D. Kurniawan, G. S. Santyadiputra, and G. A. Pradnyana, "Pengembangan Prototipe Kapal Tanpa Awak Untuk Pemantauan Daerah Perairan Berbasis Ardupilot," *Kumpul. Artik. Mhs. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 2, pp. 175–181, 2022.

[6] L. P. Setiya Raharja, A. Darmawan, P. K. Putro, and P. Nugroho, "Rancang Bangun Prototipe Kapal Elektrik Dengan Sistem Kendali Jarak Jauh," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 11, no. 1, pp. 48–56, 2023, doi: 10.32487/jtt.v11i1.1571.

[7] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021.

[8] Sunardi and R. S. Pamungkas, "Study of Small Ship With Electrical Movement Power for Supervision of River and Estuary Conservation Area," *J. Kelaut.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2019.

[9] J. Subur and Suryadhi, "Pengaturan Kecepatan Motor Penggerak Propeller pada Kapal Menggunakan Metode PID dan MA Filter," *Zetroem*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2022.

[10] M. C. Díaz-de-Baldasano, F. J. Mateos, L. R. Núñez-Rivas, and T. J. Leo, “Conceptual design of offshore platform supply vessel based on hybrid diesel generator-fuel cell power plant,” *Appl. Energy*, vol. 116, pp. 91–100, 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.11.049.

[11] L. K. P. D. Sekartaji, N. Pramaita, and N. Gunantara, “Remote Control Switching System Based on Wireless Technology,” *J. Electr. Electron. Informatics*, vol. 3, no. 2, p. 52, 2020, doi: 10.24843/jeei.2019.v03.i02.p05.

[12] Constantine A. Balanis, *“Antenna theory; Analysis And Design” New Jersey: Jhon Wiley & Sons*, vol. 72, no. 7. 2008.

[13] J. Subur, “Pengaturan Kecepatan Motor Penggerak Propeller Pada,” pp. 45–54, 2019.

[14] J. T. Elektro, T. Elektro, F. Teknik, U. Muhammadiyah, and S. Utara, “Perancangan Prototype Troli Pengangkut Barang Otomatis Mengikuti Pergerakan Manusia,” vol. 1, no. 2, pp. 82–92, 2019.

[15] F. I. Pasaribu and I. Roza, “Sistem Pengamanan Perlintasan Kereta Api Terhadap Jalur Lalu Lintas Jalan Raya,” vol. 2, no. 1, pp. 0–5, 2019.

[16] A. W. Abdul Ali, F. A. Abdul Razak, and N. Hayima, “Tinjauan tentang Sistem Kontrol Servo motor AC,” *Elektr. J. Electr. Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 22–39, 2020.

[17] F. I. Pasaribu, E. S. Nasution, and A. Rizki, “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi 200 KVA,” pp. 59–63, 2021.

[18] F. Lin, S. Member, and R. Wai, “Network for Linear-Induction Motor Servo Drive,” vol. 9, no. 1, pp. 102–115, 2001.

[19] B. Oktrialdi, “PROTOTYPE EXHAUST FAN OTOMATIS UNTUK MENSTABILKAN UDARA PADA RUANGAN BEBAS ASAP,” vol. 16, no. 2, pp. 1–14, 2025.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama	: Miftah Fariz Nasution
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 13 November 2003
Jenis kelamin	: Laki-laki
Umur	: 22
Agama	: Islam
Status	: Belum Kawin
Tinggi Badan / Berat Badan	: 167 cm / 68 kg
Kewarganegaraan	: Indonesia
Alamat	: Jl. Baru no 41c lk V Medan
No Hp	: 081266023193
Email	: fariznst46@gmail.com

Data Orang Tua

Nama Ayah	: M Syafii Nasution
Agama	: Islam
Kewarganegaran	: Indonesia
Nama Ibu	: Misbah
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Alamat	: Jl. Baru no 41c lk V Medan

Latar Belakang Pendidikan

SDN 060878	: Tahun 2009 - 2015
SMP N 11 Medan	: Tahun 2015 - 2018
SMA Dharmawangsa	: Tahun 2018 - 2021
Mahasiswa Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara	: Tahun 2022 - 2026

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Miftah Fariz Nasution
NPM : 2207220070
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe Kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2,4G 4CH ".

No.	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	15/12/2025	Revisi BAB I Pendahuluan (Latar belakang penelitian sebelumnya)	
2.	20/12/2025	Revisi Tujuan penelitian dan Manfaat penelitian	
3.	10/01/2026	Revisi BAB II Tinjauan Pustaka (masukkan tanda titik-titik pada tiap persamaan rumus)	
4.	15/01/2026	Revisi BAB II Tinjauan Pustaka (Menambahkan penjelasan setiap gambar)	
5.	18/01/2026	Revisi BAB II Metodologi Penelitian (Perbaikan flowchart penelitian)	
6.	26/01/2026	ACC Sempro	

Mengetahui
Dosen Pembimibing

Dr. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., S.Pd., M.T.
NIDN. 0130118101

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Miftah Fariz Nasution
NPM : 2207220070
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe Kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2,4G 4CH".

No.	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	05/03/2026	Revisi Abstrak (masukkan latar belakang, tujuan penelitian, metode, dan hasil kesimpulan).	
2.	10/03/2026	Revisi Sistematika penulisan BAB IV	
3.	15/03/2026	Revisi menambahkan keterangan dan penjelasan gambar pada BAB IV	
4.	30/03/2026	Revisi BAB IV untuk memasukkan penjelasan pada setiap grafik	
5.	03/04/2026	Revisi BAB V (urutan kesimpulan sesuai rumusan masalah)	
6.	05/04/2026	ACC Semhas	

Mengetahui
Dosen Pembimibing

Dr. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., S.Pd., M.T.
NIDN. 0130118101

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Mftah Fariz Nasution
NPM : 2207220070
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Sistem Kendali Remot Kontrol Prototipe Kapal Platform Supply Vessel (PSV) Menggunakan Radio Link RC 4GS V2 2,4G 4CH".

No.	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	10/04/2025	Revisi BAB IV (Mengganti nama subjudul pada hasil dan pembahasan)	
2.	11/04/2026	ACC Sidang	

Mengetahui
Dosen Pembimibing

Dr. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., S.Pd., M.T.
NIDN. 0130118101