

SKRIPSI

DESAIN KENDALI GERAK HORIZONTAL DAN VERTIKAL KENDARAAN BAWAH AIR SEMI-AUTONOMOUS

Disusun dan diajukan oleh

**MUH. NURSYAHRUL QADRI
D331 15 503**



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

SKRIPSI

DESAIN KENDALI GERAK HORIZONTAL DAN VERTIKAL KENDARAAN BAWAH AIR SEMI-AUTONOMOUS

**MUH. NURSYAHRUL QADRI
D331 15 503**



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**Desain Kendali Gerak Horizontal dan Vertikal Kendaraan Bawah Air
Semi-Autonomous****Disusun dan diajukan oleh****Muh. Nursyahrul Qadri****D331 15 503**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

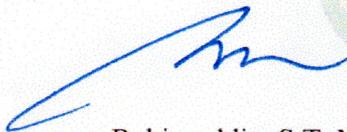
pada tanggal 04-03-2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

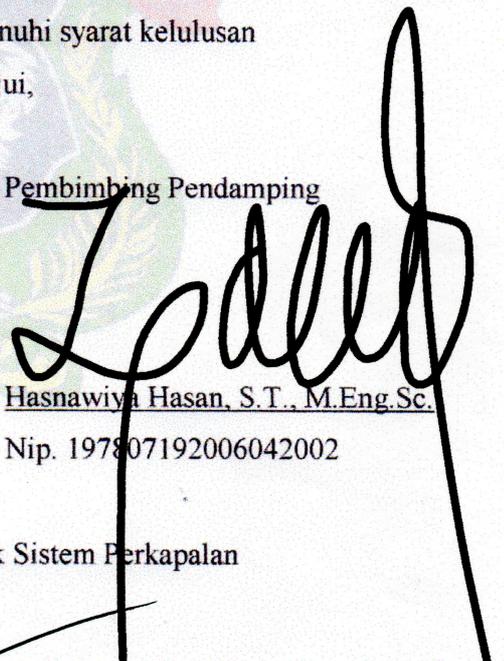
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



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

Nip. 197108251999031002



Hasnawiyah Hasan, S.T., M.Eng.Sc.

Nip. 197807192006042002



Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M. Eng.

Nip. 198102112005011003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh. Nursyahrul Qadri

NIM : D331 15 503

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Desain Kendali Gerak Horizontal dan Vertikal Kendaraan Bawah Air
Semi-Autonomous

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

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Makassar, 04 Maret 2021

Yang menyatakan



(Muh. Nursyahrul Qadri)

DESAIN KENDALI GERAK HORIZONTAL DAN VERTIKAL KENDARAAN BAWAH AIR SEMI-AUTONOMOUS

Muh. Nursyaharul Qadri ¹⁾

Rahimuddin ²⁾

Hasnawiya Hasan ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

²⁾ Dosen Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

Email: syaharulqadri14@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan bawah laut memiliki resiko tinggi pada kedalaman tertentu yang akan membuat penyelam akan bermasalah dengan indranya. Maka dibuatlah *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) dimana teknologi ini mampu bergerak dibawah air yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk meminimalkan kondisi dan bahaya bawah laut. Teknologi ini dirancang untuk kegiatan survei bawah laut serta bertugas pada kegiatan subsea. AUV ini menggunakan propeller sebagai penggerak utama, *rudder* untuk gerak manuver, *elevator* untuk gerak menyelam. AUV ini dilengkapi dengan kamera sebagai pemetaan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan propeller, rudder, dan *elevator* dengan gerak AUV. Untuk monitoring gerakan AUV, digunakan *software* LabVIEW yang kemudian dipublikasikan menjadi *software AUV Control*. Program *AUV Control* terhubung dengan router melalui jaringan wi-fi (*Wireless Fidelity*). Pembacaan sensor dan aktuator kendali dikirimkan kembali ke Aplikasi *AUV Control*.

Kata kunci: AUV, *rudder*, *elevator*, *AUV Control*

DESIGN CONTROL OF HORIZONTAL AND VERTIKAL MOTION OF SEMI-AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES

Muh. Nursyaharul Qadri ¹⁾

Rahimuddin ²⁾

Hasnawiya Hasan ²⁾

¹⁾ Student Marine Engineering FT-UH

²⁾ Lecturer Marine Engineering FT-UH

Email: syahrulqadri14@gmail.com

ABSTRACT

Underwater activities carry a high risk at certain depths that will make divers have sensory problems. Then an Autonomous Underwater Vehicle (AUV) was created where the technology is able to move under water which is needed by humans to minimize underwater conditions and dangers. This technology is designed for underwater survey activities as well as in charge of subsea activities. AUV uses a propeller as the prime mover, rudder for maneuvers, and an elevator for diving. AUV is equipped with a camera as a mapping. The purpose of this study was to determine the relationship between propeller, rudder, and elevator with AUV motion. To monitor AUV movements, LabVIEW software is used which is then published as AUV Control software. AUV Control program is connected to the router via a wi-fi network (Wireless Fidelity). Sensor and actuator control readings are sent back to the AUV Control Application.

Keywords: AUV, rudder, elevator, AUV Control

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrahim,

Assalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh,

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas kebesaran-Nya dan kehendak-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Skripsi ini berjudul “**DESAIN KENDALI GERAK HORIZONTAL DAN VERTIKAL KENDARAAN BAWAH AIR SEMI - AUTONOMOUS**” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Sholawat serta salam kami haturkan kepada tauladan terbaik, baginda Rasulullah Muhammad SAW yang telah memperjuangkan Islam sehingga bisa sampai kepada kita saat ini.

Penulisan skripsi ini dilatar belakangi karena kurang diperhatikannya teknologi-teknologi dibawah laut sehingga memotivasi untuk membuat instrumentasi khususnya pada AUV.

Dalam kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua penulis, **M. Syahrir. S** dan **Subaedah** atas jasa – jasanya, kesabaran, do’a, dan tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberi cinta yang tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil hingga penulis dewasa.
2. **Jaharuddin** dan **Muh. Zul Akbar** yang senantiasa membantu mendanai ketika ada kerusakan alat dan membantu memberikan solusi pada pengerjaan model.
3. **Dr. Eng Faisal Mahmudin S.T., M.Eng.** selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. **Rahimuddin, ST., MT., Ph. D** selaku ketua Laboratorium Listrik dan kendali kapal Teknik Sistem Perkapalan Unhas sekaligus Pembimbing Utama yang mendanai, bijaksana memberikan bimbingan, nasihat, serta waktunya selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.

5. **Hasnawiya H, ST., M. Eng. Sc** selaku Pembimbing Pendamping dan juga penasihat akademik yang memberikan bimbingan, serta waktunya selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. **Andi Haris Muhammad, ST., MT., Ph. D** dan **Daeng Paroka, ST., MT., Ph. D** selaku dosen penguji.
7. Bapak/Ibu dosen yang namanya tidak sempat saya sebutkan satu per satu disini atas bantuan dan bimbingannya selama kuliah.
8. Para staf Departemen Teknik Sistem Perkapalan atas segala jasa dan dukungannya.
9. **Teman-teman WINDLAS5** tercinta yang telah banyak memberikan dorongan, semangat dan bantuan baik secara moril demi lancarnya penyusunan skripsi ini.
10. **Teman-teman Labo Listrik Kendali Kapal** khususnya **Miftahul Arzaq (SP'14), Jeryls Christoven (SP'14), Zukhra Subagio (SP'14), A.M Samad (SP'15), Alfajrin Syawal (SP'15), Agung Setiawan (SP'15), dan Moh. Dede Arfandy (SP'16)** yang selama ini membantu penulis dalam berdiskusi, menyusun skripsi dan memberikan masukan.
11. **Teman-teman U-GOES-P** yang selalu mengisi waktu libur dan diskusi bersama penulis khususnya **Rifqy, Macong, Agung, Abash, Dettol**, dan teman-teman yang lain yang tidak disebutkan.
12. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Penyusun sebagai manusia biasa menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya kami mengharapkan kesediaan pihak Bapak/Ibu sekalian untuk memberikan kritik dan saran yang membangun.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat menambah wawasan baru. Akhirnya saya berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Amiin.

Makassar, 04 Maret 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Autonomous Underwater Vehicle</i>	5
2.1.1 Sejarah Singkat Kendaraan Bawah Air	5
2.1.2 Definisi <i>Autonomous Underwater Vehicle</i>	6
2.1.3 Penerapan AUV	7
2.2 LabVIEW	9
2.3 Modbus.....	11
2.3.1 Modbus TCP/IP	11
2.3.2 ASCII.....	12
2.3.3 RTU	12
2.4 Sistem Kendali	13
2.4.1 Sistem Kendali Loop Terbuka.....	13

2.4.2	Sistem Loop Tertutup	14
2.5	Mikrokontroler	16
2.5.1	Mikrokontroler AVR	17
2.5.2	Mikrokontroler MCS-51	18
2.5.3	Mikrokontroler PCI	18
2.5.4	Mikrokontroler ARM	19
2.6	<i>Joystick</i>	19
2.6.1	Pengertian <i>Joystick</i>	19
2.6.2	Jenis-jenis <i>Joystick</i>	20
2.6.3	Penerapan <i>Joystick</i> di Industri	21
2.7	Model Kinematika	22
2.8	Model Dinamika	23
2.9	Model Davidson dan Schiff (1946)	23
2.10	Uji Model dan Sistem Navigasi	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.2	Desain Komunikasi dan Navigasi	26
3.3	Komponen Desain Sistem AUV	27
3.4	<i>Setup</i> Program <i>AUV Control</i>	29
3.5	Kerangka Penelitian	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Desain <i>Autonomous Underwater Vehicle</i>	32
4.2	Parameter Kinematika	34
4.3	Konversi PWM	38
4.3.1	Konversi PWM pada Sudut Rudder dan <i>Elevator</i>	38
4.3.2	Konversi PWM pada Putaran Propeller	40
4.4	Pengujian	41
4.4.1	Uji Gerak Longitudinal	42
4.4.2	Uji Gerak Horizontal	43
4.4.3	Uji Gerak Vertikal	44
BAB 5. PENUTUP		47
5.1	Kesimpulan	47

5.2	Saran.....	47
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	50
	Lampiran 1: Surat Izin Penggunaan Laboratorium Hidrodinamika	
	Lampiran 2: General Arrangement	
	Lampiran 3: Contoh Perhitungan Sistem Kendali	
	Lampiran 4: Skema Rangkaian Listrik	
	Lampiran 5: Langkah Kerja Model	
	Lampiran 6: Coding Program Arduino	
	Lampiran 7: Dokumentasi Pengujian	
	Lampiran 8: Biodata Diri	

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	HUGIN 3000	6
Gambar 2.2	<i>Autonomous Underwater Vehicle</i>	6
Gambar 2.3	Penerapan di Industri Minyak dan Gas	8
Gambar 2.4	<i>Front Panel</i>	10
Gambar 2.5	<i>Block Diagram</i>	10
Gambar 2.6	Sistem Kendali Sederhana.....	13
Gambar 2.7	Sistem Kendali Loop Terbuka.....	14
Gambar 2.8	Subsistem Block Diagram pada Rudder/ <i>Elevator</i>	14
Gambar 2.9	Sistem Kendali Loop Tertutup	15
Gambar 2.10	Block Diagram Sistem Navigasi Kapal.....	16
Gambar 2.11	<i>Joystick Rumble</i>	21
Gambar 2.12	<i>Joystick Racing Wheel</i>	21
Gambar 2.13	<i>Joystick</i> Stir Pesawat	21
Gambar 2.14	<i>Joystick Controller</i>	21
Gambar 3.1	Kolam.....	26
Gambar 3.2	<i>Towing Tank</i>	26
Gambar 3.3	Proses Komunikasi Data	27
Gambar 3.4	Ikon Aplikasi.....	29
Gambar 3.5	Halaman Utama <i>AUV Control</i>	29
Gambar 3.6	Halaman Menu <i>Settings</i>	30
Gambar 3.7	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1	Desain AUV Perspektif.....	32
Gambar 4.2	Desain AUV Tampak Samping.....	33
Gambar 4.3	Desain AUV Tampak Atas.....	33
Gambar 4.4	Desain AUV Tampak Depan.....	33
Gambar 4.5	Sudut Ordinat pada <i>Rudder</i>	34
Gambar 4.6	Sudut Ordinat pada <i>Elevator</i>	34
Gambar 4.7	Sudut Ordinat pada Propeller	35
Gambar 4.8	<i>Joystick</i> Netral.....	36

Gambar 4.9 <i>Joystick</i> ke Kanan.....	36
Gambar 4.10 <i>Joystick</i> ke Kiri.....	37
Gambar 4.11 Potensiometer Netral	37
Gambar 4.12 Potensiometer ke Atas.....	37
Gambar 4.13 Potensiometer ke Bawah	37
Gambar 4.14 <i>Joystick</i> 25%.....	37
Gambar 4.15 <i>Joystick</i> 50%.....	37
Gambar 4.16 <i>Joystick</i> 75%.....	38
Gambar 4.17 <i>Joystick</i> 100%.....	38
Gambar 4.18 Konversi Nilai Perubahan Sudut <i>Rudder</i> Secara Aktual.....	39
Gambar 4.19 Konversi Nilai Perubahan Sudut <i>Elevator</i> Secara Aktual.....	39
Gambar 4.20 Konversi Nilai Putaran Secara Aktual	41
Gambar 4.21 Time Series Kecepatan pada Gerak Longitudinal.....	42
Gambar 4.22 Time Series Sudut <i>Heading</i> dan Rudder pada Gerak orizontal	44
Gambar 4.23 Time Series Sudut <i>Pitch</i> dan <i>Elevator</i> pada Gerak Vertikal.....	45

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Seri Mikrokontroller AVR.....	17
Tabel 2.2	Perbandingan antar Mikrokontroler MCS51Atmel.....	18
Tabel 3.1	Komponen Desain Sistem AUV	27
Tabel 4.1	Dimensi Utama AUV	32
Tabel 4.2	Hasil Parameter Kinematika	36
Tabel 4.3	Nilai Pembacaan Sensor <i>Rudder</i>	38
Tabel 4.4	Hasil Persamaan Konversi Linier <i>Rudder</i>	40
Tabel 4.5	Hasil Persamaan Konversi Linier <i>Elevator</i>	40
Tabel 4.6	Nilai pembacaan RPM pada propeller	41
Tabel 4.7	Data Kecepatan pada Gerak Longitudinal	42
Tabel 4.8	Data Sudut <i>Heading</i> dan Rudder pada Gerak Horizontal	43
Tabel 4.9	Data Sudut <i>Pitch</i> dan <i>Elevator</i> pada Gerak Vertikal	45

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
	Lampiran 1: Surat Izin Penggunaan Laboratorium Hidrodinamika.....	51
	Lampiran 2: General Arrangement	52
	Lampiran 3: Contoh Perhitungan Sistem Kendali	53
	Lampiran 4: Skema Rangkaian Listrik	57
	Lampiran 5: Langkah Kerja Model.....	58
	Lampiran 6: Coding Program Arduino	61
	Lampiran 7: Dokumentasi Pengujian.....	75
	Lampiran 8: Biodata Diri	81

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

α	: Servo Buritan dan Sudut Propeller 1
β	: Servo Haluan dan Sudut Propeller 2
A	: <i>Ampere</i>
ADC	: <i>Analog to Digital Converter</i>
ASCII	: <i>American Standard Code for Information</i>
AUV	: <i>Autonomous Underwater Vehicle</i>
Bhull	: Lebar model (m)
CG	: <i>Centre of gravity</i> (m)
EEPROM	: <i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>
ESC	: <i>Electronic Speed Control</i>
F	: Gaya
H	: Tinggi model (m)
ISP	: <i>In Sistem Programming</i>
LOA	: Panjang Keseluruhan Kapal (m)
M	: Momen <i>Thruster</i> dan Servo
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
RAM	: <i>Random Acces Memory</i>
RTU	: <i>Remote Terminal Unit</i>
SCADA	: <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SPI	: <i>Serial Peripheral Interface</i>
T	: <i>Thrust Propeller</i>
TCP/IP	: <i>Transmission Control Protocol/ Internet Protocol</i>
UART	: <i>Universal Asynchronous Receive Transmit</i>
USB	: <i>Universal Serial Bus</i>
VI	: <i>Virtual Instrument</i>
WIFI	: <i>Wireles Fidelity</i>

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografis merupakan sebuah negara kepulauan dengan dua pertiga luas lautan lebih besar daripada daratan. Hal ini bisa terlihat dengan adanya garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia (± 81.000 km) yang menjadikan Indonesia menempati urutan kedua setelah Kanada sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia. Kekuatan inilah yang merupakan potensi besar untuk memajukan perekonomian Indonesia.

Pada zaman sekarang ini, para ilmuwan berlomba-lomba dalam membuat teknologi seperti robot. Robot yang dibuat manusia bertujuan untuk mempermudah kerja manusia dalam melakukan berbagai hal. Cakupan wilayah kerjanya mencakup darat, air dan udara.

Namun, perkembangan teknologi robot di air kurang mendapat perhatian. Padahal sangat penting untuk melakukan pemantauan, survey maupun kerja di bidang subsea. Pengamatan dibawah air sangatlah beresiko bagi manusia karena akan memungkinkan merusak indra jika berada pada kedalaman tertentu. Terlebih jika perairannya terkena limbah yang beracun, dengan keterbatasan oksigen dan apabila terjadi tekanan hidrostatis. Kendaraan bawah laut tak berawak (UUV) semakin banyak digunakan oleh operator sipil dan pertahanan untuk misi yang semakin kompleks dan berbahaya.

Perancangan robot bawah air pada umumnya adalah sebuah kegiatan yang amat menantang. Kompleksitas dan ketidaktahuan yang sempurna tentang lingkungan dan situasi yang akan dihadapi oleh robot adalah suatu kebutuhan yang rumit baik bagi komponen perangkat keras robot maupun perangkat lunaknya. Robot juga harus memiliki kemampuan untuk mempersepsikan keadaan berdasarkan informasi yang didapati dari sensor yang terkadang tidak akurat. Selain itu, robot juga harus mampu mengambil keputusan tentang pergerakannya dalam waktu yang terbatas. [1]

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) merupakan wahana tanpa awak bawah air yang sekarang memiliki berbagai kegunaan. AUV dapat melakukan

survey bawah air untuk mengidentifikasi komponen biologi dan fisika bawah air. AUV dapat melakukan pekerjaan yang sulit dilakukan penyelam karena batasan kedalaman dan bahaya yang mengancam nyawa penyelam. Kebanyakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi sedimen di daerah pantai dapat merusak ekosistem dan menghancurkan terumbu. Penggunaan AUV dapat menjadi jawaban untuk mengidentifikasi kondisi benthik perairan pantai. Sensor yang dibawa AUV mencakup ADCP, CTD, *echosounder*, *side scan sonar*, dan kamera. Semua sensor ini sangat berguna untuk melakukan survey di perairan. [1]

Pada tahun 1984, sebuah lembaga penelitian yaitu Martin Marietta Aero and Naval Sistem memulai program penelitian dan pengembangan yang diarahkan untuk pengembangan teknologi AUV. Program tersebut fokus pada kontrol dinamis AUV. Tujuan utamanya adalah pengembangan flight control sistem yang dapat meningkatkan kemampuan misi AUV. [2]

Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis berkeinginan untuk mengkaji mengenai gerak terhadap sebuah model AUV yang telah di desain.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh *rudder* terhadap gerak horizontal?
- b. Bagaimana pengaruh *elevator* terhadap gerak vertikal?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi ini tidak meluas, maka perlu diberi batasan dalam permasalahan antara lain sebagai berikut:

- a. Komunikasi data menggunakan kabel ethernet
- b. Input kendali menggunakan *Joystick*
- c. Sistem kendali yang digunakan adalah open loop
- d. Model AUV berukuran:

Panjang(L) : 1300 mm

Tinggi (H) : 197 mm

Lebar (B) : 358 mm

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh *rudder* terhadap gerak horizontal
- b. Mengetahui pengaruh *elevator* terhadap gerak vertikal

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini yaitu:

- a. Menambah khasanah pengetahuan tentang kendaraan bawah air
- b. Membuka peluang penelitian selanjutnya

1.6 Sistematika Penelitian

Berikut adalah tahapan penelitian yang direncanakan:

1. Desain kapal

Menentukan karakteristik model yang akan dibuat untuk dilaksanakan uji model dan sistem navigasi. Berikut tahapan penentuan karakteristik model:

- a. Penentuan dimensi dan geometri kapal
- b. Penentuan lokasi pengujian dengan menentukan luas dan kedalaman perairan
- c. Penentuan skala kapal untuk dijadikan model

Ini adalah tahapan awal untuk mendesain bentuk yang akan di teliti. Pembuatan desain menggunakan aplikasi Maxsurf lalu di konversi ke Rhinoceros.

Panjang = 1300 mm

Tinggi = 197 mm

Lebar = 358 mm

2. *Setup* AUV

Pada tahap ini, menentukan letak atau posisi titik berat dan titik tekan dengan menggunakan software maxsurf. *Setup* titik berat dan kestabilan model dengan cara menurunkan model ke kolam kemudian melihat keseimbangan model, tidak cenderung kekanan atau kekiri dan tidak cenderung kedepan ataupun kebelakang dengan kondisi seluruh komponen elektriknya terpasang.

3. Pra- Test Propeller

Dengan menggunakan Arduino, maka yang perlu diatur adalah besar PWM. Selanjutnya mengatur settingan pada *AUV Control* untuk menghitung gerak pada model.

4. Model AUV

Setelah melakukan Pra-Test Propeller, maka semua instrumen-instrumen elektrik dipasang pada model yang selanjutnya akan dilakukan Uji model dan sistem navigasi.

5. Uji model dan Sistem Navigasi

Adapun data yang diambil pada saat pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Model bergerak longitudinal.
- b. Model bergerak horizontal.
- c. Model bergerak vertikal.

6. Melakukan Analisa dan Kesimpulan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Autonomous Underwater Vehicle*

2.1.1 Sejarah Singkat Kendaraan Bawah Air

AUV pertama kali dikembangkan di Laboratorium Fisika Terapan di Universitas Washington pada awal tahun 1957 oleh Stan Murphy, Bob Francois. Kemudian Terry Ewart mengembangkan teknologi AUV menjadi *Special Purpose Underwater Research Vehicle*, atau SPURV yang digunakan untuk mempelajari difusi, transmisi akustik, dan submarines wakes.

AUV awalnya dikembangkan di MIT atau Massachusetts Institute of Technology pada 1970-an yang kemudian dipajang di Hart Nautical Gallery di MIT. Pada saat yang sama, AUV juga dikembangkan di Uni Soviet.

Lebih dari ratusan AUV yang berbeda telah dirancang selama lebih dari 50 tahun terakhir, namun hanya beberapa perusahaan yang menjual kendaraan dalam jumlah yang signifikan. Ada sekitar 10 perusahaan yang menjual AUV di pasar internasional termasuk Kongsberg Maritime, Hydroid (sekarang merupakan anak perusahaan yang sepenuhnya dimiliki Kongsberg Maritime), Robot Bluefin, Teledyne Gavia (sebelumnya dikenal sebagai Hafmynd), *International Submarines Engineering* (ISE) Ltd, Atlas Elektronik, dan OceanScan.

Bluefin dan Kongsberg telah mendapat manfaat dari bantuan pemerintah dalam negeri dalam pengembangannya. Secara efektif, pasar dibagi menjadi tiga bidang: ilmiah (termasuk universitas dan lembaga penelitian), komersial lepas pantai (minyak dan gas, dll) dan aplikasi militer (penanggulangan ranjau, persiapan ruang pertempuran). Mayoritas peran ini menggunakan desain yang serupa dan beroperasi dalam mode pelayaran (tipe torpedo). Mereka mengumpulkan data sambil mengikuti rute yang direncanakan dengan kecepatan antara 1 dan 4 knot.

AUV yang tersedia secara komersial mencakup berbagai desain, seperti AUV tipe kecil REMUS 100 yang dikembangkan oleh Woods Hole Oceanographic Institution di Amerika Serikat yang sekarang diproduksi secara komersial oleh Hydroid, Inc. (anak perusahaan yang sepenuhnya dimiliki oleh Kongsberg Maritime); AUV dengan tipe yang lebih besar seperti HUGIN 1000 dan 3000

dikembangkan oleh *Kongsberg Maritime* dan *Norwegian Defense Research Establishment*; Bluefin Robotics 12-dan-21-inch-diameter (300 dan 530 mm) dan *International Submarine Engineering Ltd.* Kebanyakan AUV mengikuti bentuk tradisional torpedo karena ini dipandang sebagai kompromi terbaik antara ukuran, volume yang dapat digunakan, efisiensi hidrodinamik dan kemudahan penanganan.



Gambar 2.1 HUGIN 3000

Pada 2008, kelas baru AUV sedang dikembangkan. Meskipun sebagian besar saat ini sedang dalam tahap percobaan, kendaraan biomimetik (atau bionik) ini mampu mencapai tingkat efisiensi yang lebih tinggi dalam daya dorong dan kemampuan manuver. Dua kendaraan tersebut adalah Festo's AquaJelly (AUV) dan EvoLogics BOSS Manta Ray.

2.1.2 Definisi *Autonomous Underwater Vehicle*

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) merupakan robot bawah air yang dilengkapi oleh beberapa sensor untuk tujuan tertentu. Pergerakan AUV di dalam air dipengaruhi oleh berbagai gaya antara lain gaya tarik, dorong, apung dan berat. AUV mengirim data ke operator dengan memancarkan sinyal melalui sebuah antenna. Kegunaan AUV yakni dapat melakukan survey bawah air untuk mengidentifikasi komponen biologi dan fisika bawah air, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Autonomous Underwater Vehicle*

Dalam mendesain AUV harus diperhatikan beberapa hal, antara lain: harus memiliki sedikit daya apung positif sehingga saat kembali ke permukaan tidak terjadi kehilangan energi. Untuk mengurangi pemakaian energi, gaya tarik AUV harus rendah. Tekanan bawah air yang tinggi membutuhkan syarat terhadap daya tahan sistem mekanik. Data diperoleh dengan sensor.

Terdapat beberapa permasalahan mengenai minimnya daya lihat bawah air. Untuk mengatasi ini maka digunakan kamera atau laser yang dapat mengukur jarak. Navigasi sulit karena adanya perbedaan arus pada setiap waktu dan lokasi. Posisi x dan y sulit untuk ditentukan. GPS (*Global Positioning Sistem*) tidak bekerja di bawah air. Untuk mengatasi masalah ini salah satu kemungkinan menggunakan menara eksternal, tetapi menara ini harus disiapkan dengan baik sebelum misi. Daya tahan dalam beroperasi terbatas tergantung kapasitas energi yang tersedia. Alternatif lain kita bisa menggunakan bahan bakar minyak. Sensor yang dibawa AUV mencakup ADCP, CTD, echosounder, side scan sonar, dan kamera. Semua sensor ini sangat berguna untuk melakukan survey di perairan.

2.1.3 Penerapan AUV

Penerapan AUV sangat banyak digunakan sebagai sarana kerja bawah air. Berikut contoh-contoh penerapan AUV:

1. Komersial

AUV sering kali digunakan pada industri minyak dan gas untuk melakukan mapping atau pemetaan terperinci di dasar laut sebelum mereka mulai membangun infrastruktur bawah laut. Jalur pipa beserta dengan perlengkapan bawah laut dapat dipasang dengan cara yang paling efektif untuk meminimalisir gangguan yang ada di lingkungan dasar laut sehingga memungkinkan perusahaan survei untuk melakukan survei tepat pada area di mana survei untuk mengetahui kedalaman laut yang kurang efektif atau terlalu mahal. Juga, survei pipa sekarang mungkin dilakukan, yang mencakup inspeksi pipa. Penggunaan AUV untuk inspeksi pipa dan inspeksi struktur buatan manusia bawah laut menjadi mudah.



Gambar 2.3 Penerapan di Industri Minyak dan Gas

2. Penelitian

Berbagai riset yang digunakan para peneliti menggunakan AUV untuk mempelajari danau, laut, dan dasar laut. Karena berbagai sensor dapat ditanamkan pada AUV untuk mengukur konsentrasi berbagai elemen atau senyawa, penyerapan atau pantulan cahaya, dan keberadaan kehidupan mikroskopis. Contohnya termasuk sensor konduktivitas-suhu-kedalaman (CTDs), fluorometer, dan sensor pH. Selain itu, AUV dapat dikonfigurasi sebagai kendaraan derek untuk mengirimkan paket sensor yang disesuaikan ke lokasi tertentu.

3. Kegemaran

Layaknya penggunaan komersial, AUV ini dilengkapi dengan kamera, lampu, atau sonar. Namun, yang gemar dengan AUV jarang dapat bersaing dengan model komersial pada kedalaman operasional, daya tahan, atau kecanggihan. Makanya yang gemar dengan AUV ini biasanya tidak bersifat oceangoing, namun sebagian besar dioperasikan di kolam renang atau danau.

4. Investigasi Kecelakaan Udara

Pada saat pesawat sudah hilang kontak di radar, maka dilakukanlah pencarian. Akan sulit melakukan pencarian jika manusia yang menyelam untuk mencari keberadaan pesawat yang hilang kontak itu. Makanya perlu kendaraan yang mampu bertahan cukup lama pada tekanan tinggi untuk melakukan survey sehingga puing-puing pesawat dapat ditemukan.

5. Penerapan di bidang Militer

AUV sangat penting dibidang militer. Master Plan Angkatan Laut *Unmanned Underwater Vehicle* (UUV) Amerika Serikat, mengidentifikasi misi-misi UUV seperti Kecerdasan, pengawasan, pengintaian, peperangan anti-kapal selam, inspeksi / identifikasi, node jaringan komunikasi / navigasi, dan Operasi informasi.

Master Plan Angkatan Laut membagi semua kategori UUV menjadi empat kelas:

- a. Kelas kendaraan yang dapat dibawa-bawa manusia: perpindahan 25-100 lb; 10–20 jam daya tahan; diluncurkan dari perahu air kecil secara manual (mis., Mk 18 Mod 1 Swordfish UUV)
- b. Kelas kendaraan ringan: perpindahan hingga 500 lb, daya tahan 20-40 jam; diluncurkan dari RHIB menggunakan sistem peluncuran-retriever atau dengan derek dari kapal permukaan (mis., Mk 18 Mod 2 Kingfish UUV)
- c. Kelas kendaraan kelas berat: perpindahan hingga 3.000 lb, daya tahan 40–80 jam, diluncurkan dari kapal selam
- d. Kelas kendaraan besar: perpindahan hingga 10 ton, panjang, diluncurkan dari kapal permukaan dan kapal selam.

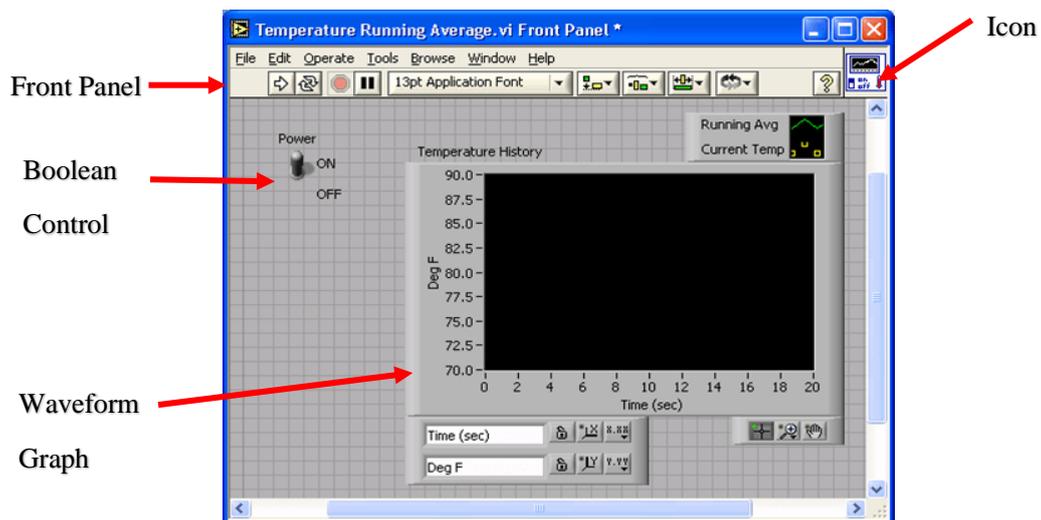
2.2 LabVIEW

User Interface adalah bagian aplikasi *software* atau *device hardware* yang memastikan seorang pengguna berinteraksi dengan aplikasi tersebut dan menampilkan informasi dilayar. Dalam hal ini *User Interface* yang digunakan adalah LabVIEW.

LabVIEW pada dasarnya sama seperti Bahasa pemrograman yang umum digunakan seperti C, FORTRAN, BASIC, dan lain sebagainya. Berbeda dengan pemrograman yang menggunakan *text based programming*, LabVIEW menggunakan *Graphic based programming* yang biasa disebut dengan Bahasa G yang mudah digambarkan logika pemrogramannya.

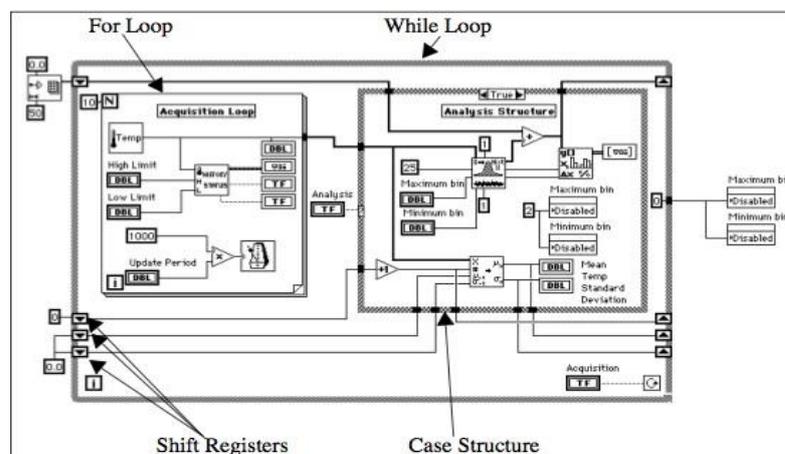
Program LabVIEW menggunakan ekstensi file *Virtual Instruments (VIs)* dikarenakan tampilan dan pengoperasiannya mirip dengan instrumentasi yang biasa digunakan pada laboratorium, seperti osiloskop, dan knob, tombol, dan lain

sebagainya. Pada dasarnya gambar fungsi yang ada pada LabVIEW telah dianalogikan pada fungsi-fungsi pada bahasa pemrograman. Blok-blok fungsi tersebut dapat dihubungkan dengan *connector* dengan menyesuaikan permintaan input output dari tiap blok fungsi. Program LabVIEW programs dikenal sebagai *Virtual Instrument (VI)* memiliki tiga bagian utama yaitu *Front Panel*, *Block Diagram*, *Icon/Connector*. [3]



Gambar 2.4 *Front Panel*

Blok diagram merupakan bagian dari LabVIEW untuk menjelaskan lebih detail bagaimana hubungan antar elemen dan struktur fungsi. Sehingga dapat dengan mudah dimengerti alur proses program yang dibuat. [3]



Gambar 2.5 *Block Diagram*

Block diagram berisi kode sumber yang bersifat grafis. Di dalam *block diagram* objek dari *front panel* berbentuk terminal. [2]

2.3 Modbus

Modbus adalah protokol komunikasi serial yang dikembangkan oleh Modicon yang diterbitkan oleh Modicon pada tahun 1979 untuk digunakan dengan *Programmer Logic Controller* (PLC). Secara sederhana, ini adalah metode yang digunakan untuk mentransmisikan informasi melalui jalur serial antara perangkat elektronik. Perangkat yang meminta informasi disebut Modbus Master dan perangkat yang memasok informasi adalah Modbus Slaves. Dalam jaringan Modbus standar, terdapat satu Master dan hingga 247 Slave, masing-masing dengan Alamat Slave unik dari 1 hingga 247. Master juga dapat menulis informasi ke Slave.

Modbus adalah protokol terbuka, artinya gratis bagi produsen untuk membangun peralatan mereka tanpa harus membayar royalti. Ini telah menjadi protokol komunikasi standar dalam industri, dan sekarang menjadi alat yang paling umum tersedia untuk menghubungkan perangkat elektronik industri. Ini digunakan secara luas oleh banyak produsen di banyak industri. Modbus biasanya digunakan untuk mengirimkan sinyal dari perangkat instrumentasi dan kontrol kembali ke pengontrol utama atau sistem pengumpulan data, misalnya sistem yang mengukur suhu dan kelembapan dan mengkomunikasikan hasilnya ke komputer. Modbus sering digunakan untuk menghubungkan komputer pengawas dengan *Remote Terminal Unit* (RTU) dalam *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Versi protokol Modbus tersedia untuk jalur serial (Modbus RTU dan Modbus ASCII) dan untuk Ethernet (Modbus TCP).

2.3.1 Modbus TCP/IP

TCP adalah *Transmission Control Protocol* dan IP adalah *Internet Protocol*. Protokol ini digunakan bersama dan merupakan protokol transport untuk internet. Ketika informasi modbus dikirim menggunakan protokol ini, data diteruskan ke TCP di mana informasi tambahan dilampirkan dan diberikan ke IP. IP kemudian menempatkan data dalam sebuah paket (atau datagram) dan mengirimkannya.

TCP harus membuat sambungan sebelum mentransfer data, karena ini adalah protokol berbasis sambungan. Master (atau Klien di Modbus TCP) membuat koneksi dengan Slave (atau Server). Server menunggu koneksi masuk dari klien.

Setelah koneksi dibuat, server kemudian menanggapi pertanyaan dari Klien hingga klien menutup koneksi.

2.3.2 ASCII

ASCII adalah singkatan dari *American Standard Code for Information Interchange*. Dengan cara yang sama bahwa setiap 4-bit dapat digabungkan dan diwakili oleh satu dari enam belas karakter heksadesimal dari 0 hingga F, setiap 8-bit (setiap byte) dapat digabungkan dan diwakili oleh salah satu dari 256 karakter ASCII, termasuk karakter keyboard umum.

Modbus ASCII menandai awal setiap pesan dengan karakter titik dua ":" (hex 3A). Akhir dari setiap pesan diakhiri dengan karakter carriage return dan line feed (hex 0D dan 0A). Hal ini memungkinkan ruang antar byte menjadi variabel sehingga cocok untuk transmisi melalui beberapa modem. Kisaran byte data dalam Modbus ASCII hanya mewakili 16 karakter heksadesimal.

2.3.3 RTU

Remote Terminal Unit (RTU) adalah perangkat elektronik yang dikontrol mikroprosesor yang menghubungkan objek di dunia fisik ke sistem kontrol terdistribusi atau sistem SCADA (kontrol pengawasan dan akuisisi data) dengan mengirimkan data telemetri ke sistem master, dan dengan menggunakan pesan dari sistem pengawasan master untuk mengontrol objek yang terhubung. Istilah lain yang dapat digunakan untuk RTU adalah unit telemetri jarak jauh dan unit telekontrol jarak jauh.

RTU dapat dihubungkan dengan satu atau dua *Master Station*. Selain dengan *Master Station*, RTU juga dapat dihubungkan dengan RTU lainnya (remote RTU) melalui jalur komunikasi.

RTU memonitor parameter digital dan analog lapangan dan mengirimkan data ke Stasiun Master SCADA. Ini menjalankan perangkat lunak pengaturan untuk menghubungkan aliran input data ke aliran output data, menentukan protokol komunikasi, dan memecahkan masalah instalasi di lapangan.

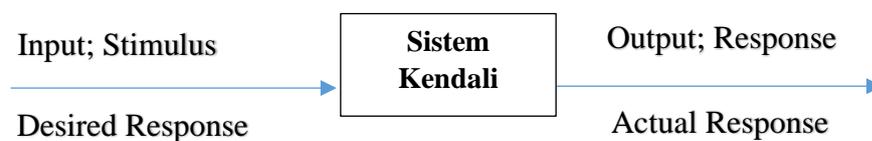
Berbeda dengan ASCII, byte pada modbus RTU dikirim secara berurutan tanpa spasi di antaranya dengan spasi 3-1 / 2 karakter antar pesan untuk pembatas. Ini memungkinkan perangkat lunak mengetahui kapan pesan baru dimulai. Setiap penundaan antara byte akan menyebabkan Modbus RTU menafsirkannya sebagai awal pesan baru. Ini mencegah Modbus RTU bekerja dengan baik dengan modem.

Dalam Modbus RTU setiap byte dikirim sebagai string dari 8 karakter biner yang dibingkai dengan bit awal, dan bit stop, membuat setiap byte 10 bit. Kisaran byte data dalam Modbus RTU dapat berupa karakter apa saja dari 00 hingga FF.

2.4 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, atau mengatur diri sendiri atau sistem lain.

Sistem kendali terdiri dari subsistem dan proses yang bergabung untuk tujuan mendapatkan output yang diinginkan dengan kinerja yang diinginkan. Gambar berikut menunjukkan blok diagram untuk sistem kendali sederhana, sistem kendali membuat sistem dengan input yang diberikan menghasilkan output yang diharapkan. [4]



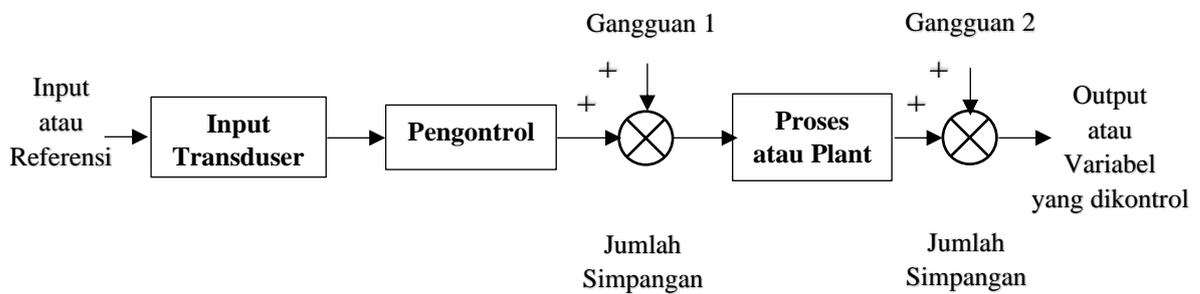
Gambar 2.6 Sistem Kendali Sederhana

2.4.1 Sistem Kendali Loop Terbuka

Sistem kendali loop terbuka adalah sistem kendali yang kinerjanya tidak berpengaruh terhadap keluarannya atau tidak berpengaruh terhadap umpan balik dari prosesnya. Sistem kendali loop terbuka menggunakan peralatan penggerak untuk mengontrol proses secara langsung.

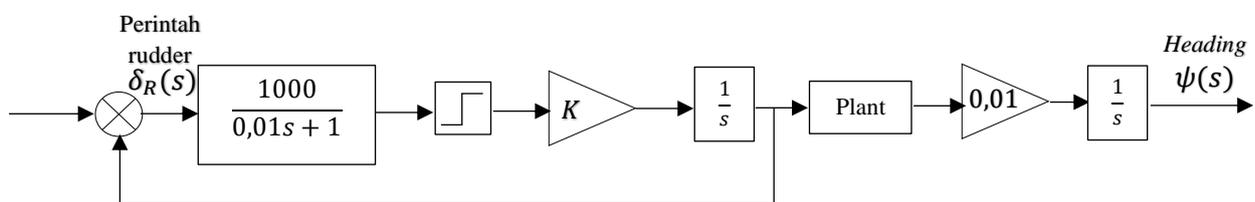
Dimulai dengan subsistem yang disebut transduser input, yang mengonversi bentuk input ke yang digunakan oleh pengontrol. pengontrol mendorong proses atau pabrik. Input kadang-kadang disebut referensi, sementara output dapat disebut

variabel yang dikontrol. Sinyal lain, seperti gangguan, ditunjukkan ditambahkan ke pengontrol dan output proses melalui persimpangan penjumlahan, yang menghasilkan jumlah aljabar dari sinyal input mereka menggunakan tanda-tanda terkait. Sistem open-loop generik ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Sistem Kendali Loop Terbuka

Karakteristik yang membedakan dari sistem loop terbuka adalah bahwa ia tidak dapat mengompensasi gangguan yang menambah pengontrol *driving signal* (Gangguan 1 pada Gambar 2.7). Misalnya, jika pengontrol adalah amplifier elektronik dan Gangguan 1 adalah kebisingan, maka setiap kebisingan amplifier yang berlebihan pada jumlah simpangan pertama juga akan mendorong proses, merusak output dengan efek kebisingan. Output dari sistem open-loop rusak tidak hanya oleh sinyal yang menambah perintah pengontrol tetapi juga oleh gangguan pada output (Gangguan 2 pada Gambar 2.7). Sistem juga tak bisa memperbaiki gangguan ini. [4]



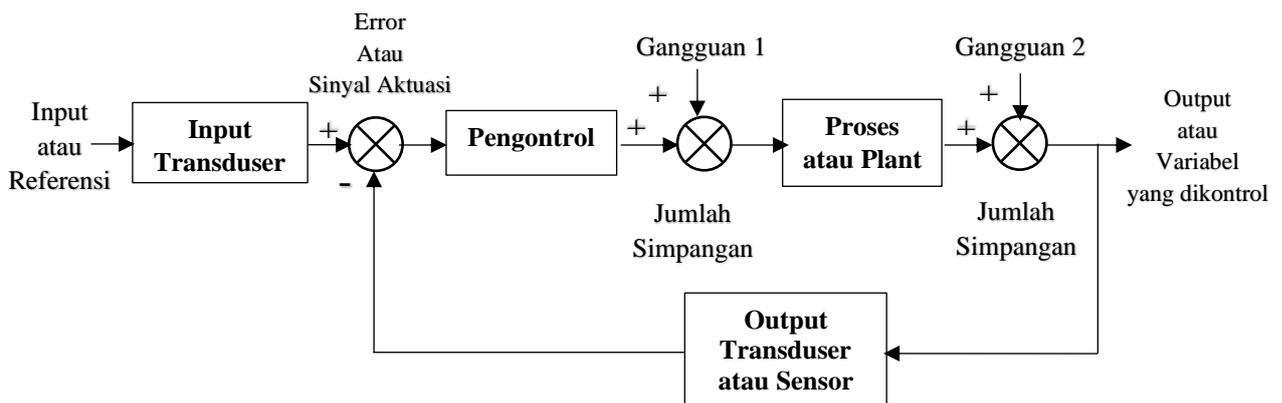
Gambar 2.8 Subsistem Block Diagram pada Rudder/Elevator

2.4.2 Sistem Loop Tertutup

Sistem kendali loop tertutup adalah sistem kendali yang kinerjanya memiliki pengaruh terhadap keluarannya, dan memiliki umpan balik terhadap proses yang berjalan.

Transduser input mengonversi bentuk input ke bentuk yang digunakan oleh pengontrol. Transduser output, atau sensor, mengukur respons output dan mengonversinya menjadi bentuk yang digunakan oleh pengontrol. Misalnya, jika pengontrol menggunakan sinyal listrik untuk mengoperasikan katup sistem kontrol suhu, posisi input dan suhu output dikonversi ke sinyal listrik. Posisi input dapat dikonversi ke tegangan oleh potentiometer, resistor variabel, dan suhu output dapat dikonversi ke tegangan oleh termistor, perangkat yang ketahanan listriknya berubah dengan suhu.

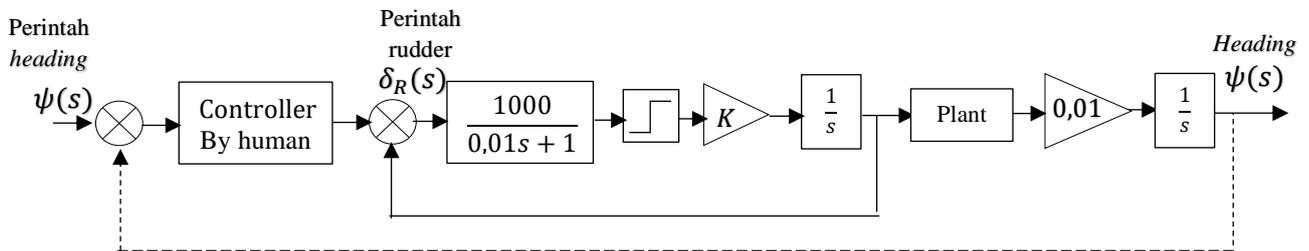
Jumlah simpangan pertama secara aljabar menambahkan sinyal dari input ke sinyal dari output, yang tiba melalui jalur umpan balik, jalur pengembalian dari output ke persimpangan penjumlahan. Pada Gambar 2.8, sinyal output dikurangi dari sinyal input. Hasilnya umumnya disebut sinyal aktuasi. Namun, dalam sistem di mana transduser input dan output memiliki penguatan (yaitu, transduser amplifies inputnya adalah 1), nilai sinyal aktuasi sama dengan perbedaan aktual antara input dan output. Dalam kondisi ini, sinyal aktuasi disebut error. [4]



Gambar 2.9 Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem loop tertutup mengompensasi gangguan dengan mengukur respons output, memberi informasi pengukuran itu kembali melalui jalur umpan balik, dan membandingkan respons tersebut dengan input di persimpangan penjumlahan. Jika ada perbedaan antara kedua respon, sistem menggerakkan plant melalui sinyal aktuasi, untuk melakukan koreksi. Jika tidak ada perbedaan, sistem tidak

menggerakkan plant, karena respons plant sudah merupakan respons yang diinginkan. [4]



Gambar 2.10 Block Diagram Sistem Navigasi Kapal

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip terintegrasi yang biasanya menjadi bagian dari sebuah *embedded sistem* (sistem yang didesain untuk melakukan satu atau lebih fungsi khusus yang real time). Mikrokontroler terdiri dari CPU, Memory, I/O port dan timer seperti sebuah komputer standar, tetapi karena didesain hanya untuk menjalankan satu fungsi yang spesifik dalam mengatur sebuah sistem, mikrokontroler ini bentuknya sangat kecil dan sederhana dan mencakup semua fungsi yang diperlukan pada sebuah chip tunggal.

Mikrokontroler berbeda dengan mikroprosesor, yang merupakan sebuah chip untuk tujuan umum yang digunakan untuk membuat sebuah komputer multi fungsi atau perangkat yang membutuhkan beberapa chip untuk menangani berbagai tugas. Mikrokontroler dimaksudkan untuk menjadi mandiri dan independen, dan berfungsi sebagai komputer khusus yang kecil. Fungsi mikrokontroler ada banyak sekali sampai tidak bisa disebutin semua tapi ada beberapa yang penting – penting saja yaitu:

1. Sebagai *Counter*
2. Sebagai *Decoder* dan *Encoder*
3. Sebagai Pembangkit Osilasi
4. Sebagai Timer / Pewaktu
5. Sebagai ADC (*Analog Digital Converter*)

2.5.1 Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler *Alv and Vegard's Risc processor* atau sering disingkat AVR merupakan mikrokonktroler RISC 8 bit. Karena RISC inilah sebagian besar kode instruksinya dikemas dalam satu siklus clock.

Mikrokontroler AVR merupakan salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang menjadi andalan Atmel. Arsitektur ini dirancang memiliki berbagai kelebihan dan merupakan penyempurnaan dari arsitektur mikrokontroler-mikrokontroler yang sudah ada.

Berbagai seri mikrokontroler AVR telah diproduksi oleh Atmel dan digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat low cost dan high performance. Di Indonesia, mikrokontroler AVR banyak dipakai karena fiturnya yang cukup lengkap, mudah untuk didapatkan, dan harganya yang relatif terjangkau.

Antar seri mikrokontroler AVR memiliki beragam tipe dan fasilitas, namun kesemuanya memiliki arsitektur yang sama, dan juga set instruksi yang relatif tidak berbeda. Tabel dibawah ini membandingkan beberapa seri mikrokontroler AVR buatan Atmel.

Tabel 2.1 Seri Mikrokontroller AVR

Seri	Flash (kbytes)	RAM (bytes)	EEPROM (kbytes)	Pin I/O	Timer 16-bit	Timer 8-bit	UART	PWM	ADC 10-bit
ATmega8	8	1024	0,5	23	1	1	1	3	6/8
ATmega8535	8	512	0,5	32	2	2	1	4	8
ATmega16	16	1024	0,5	32	1	2	1	4	8
ATmega162	16	1024	0,5	35	2	2	2	6	8
ATmega32	32	2048	1	32	1	2	1	4	8
ATmega128	128	4096	4	53	2	2	2	8	8
ATtiny12	1	-	0,0625	6	-	1	-	-	-
ATtiny2313	2	128	0,125	18	1	1	1	4	-
ATtiny44	4	256	0,25	12	1	1	-	4	8

2.5.2 Mikrokontroler MCS-51

Mikrokontroler ini termasuk dalam keluarga mikrokontroler CISC (*Complex Instruction Set Computer*). Sebagian besar instruksinya dieksekusi dalam 12 siklus clock.

Mikrokontroler MCS51 buatan Atmel terdiri dari dua versi, yaitu versi 20 kaki dan versi 40 kaki. Semua mikrokontroler ini dilengkapi dengan *Flash PEROM* (*Programmable Erasable Read Only Memory*) sebagai media memori-program, dan susunan kaki IC-IC tersebut sama pada tiap versinya.

Perbedaan dari mikrokontroler-mikrokontroler tersebut terutama terletak pada kapasitas memori-program, memori-data dan jumlah pewaktu 16-bit. Perbedaan mikrokontroler Atmel MCS51 tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Perbandingan antar Mikrokontroler MCS51Atmel

Tipe	Memori Program	Memori Data	Timer 16-bit	Teknologi
AT89C1051	1 KB Flash	64 RAM	1	CMOS
AT89C2051	2 KB Flash	128 RAM	2	CMOS
AT89C4051	4 KB Flash	128 RAM	2	CMOS
AT89C51	4 KB Flash	128 RAM	2	CMOS
AT89C52	8 KB Flash	256 RAM	3	CMOS
AT89S53	12 KB Flash	256 RAM	3	CMOS

2.5.3 Mikrokontroller PCI

Pada awalnya, PIC merupakan kependekan dari *Programmable Interface Controller*. PIC termasuk keluarga mikrokonktroler berarsitektur Harvard yang dibuat oleh Microchip Technology. Awalnya dikembangkan oleh Divisi Mikroelektronik General Instruments dengan nama PIC1640.

PIC memungkinkan Anda untuk mengontrol perangkat output ketika mereka dipicu oleh sensor dan switch. Program dapat dihasilkan menggunakan diagram alur dalam perangkat lunak komputer, yang kemudian dapat di-unduh ke

dalam chip PIC. Mereka dapat ditulis ulang sebanyak yang Anda inginkan. Memori jenis ini disebut memori flash.

Sebuah mikrokontroler PIC adalah sirkuit terpadu tunggal cukup kecil untuk muat di telapak tangan dan berisi memori pengolahan unit, Jam dan sirkuit Input / Output dalam satu unit. Sebuah mikrokontroler PIC, oleh karena itu, sering digambarkan sebagai komputer dalam sirkuit terpadu. Mikrokontroler PIC dapat dibeli kosong dan kemudian diprogram dengan program kontrol tertentu. Mikrokontroler PIC juga dapat dibeli dengan pra-diprogram seperangkat perintah yang memungkinkan download langsung dari kabel komputer dan mengurangi biaya peralatan pemrograman.

2.5.4 Mikrokontroler ARM

ARM adalah prosesor dengan arsitektur set instruksi 32-bit RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang dikembangkan oleh ARM Holdings. ARM merupakan singkatan dari *Advanced RISC Machine* (sebelumnya lebih dikenal dengan kepanjangan Acorn RISC Machine). Pada awalnya prosesor ARM dikembangkan untuk PC (*Personal Computer*) oleh Acorn Computers, sebelum dominasi Intel x86 prosesor- Microsoft di IBM PC kompatibel menyebabkan Acorn Computers bangkrut.

Melalui izin dari seluruh dunia, arsitektur ARM adalah yang paling umum dilaksanakan 32-bit set instruksi arsitektur. Arsitektur ARM diimplementasikan pada Windows, Unix, dan sistem operasi mirip Unix, termasuk Apple iOS, Android, BSD, Inferno, Solaris, WebOS, Plan 9 dan GNU / Linux. *Advanced RISC Machine* awalnya dikenal sebagai Mesin Acorn RISC.

2.6 Joystick

2.6.1 Pengertian Joystick

Joystick atau yang dikenal juga dengan tuas kontrol adalah alat input komputer yang berwujud tuas atau tongkat dan dapat digerakkan ke segala arah. Alat ini juga dapat mentransmisikan arah sebesar 2D atau 3D pada komputer dan

juga alat ini pada umumnya digunakan sebagai pelengkap untuk memainkan sebuah permainan video yang dilengkapi dengan lebih dari satu tombol.

Joystick mulai dikenal pada abad 20-an dan pada waktu itu nama *joystick* diartikan tongkat pengendali pesawat terbang. Kemudian *joystick* berkembang menjadi alat elektrik. *2-axis joystick* ditemukan pada tahun 1944 di Negara Jerman. Kemudian alat dikembangkan untuk mengarahkan terbang layang pengeboman Henschel H 293 terhadap target kapal. Pada tahun 1967 Ralph H. Baer, pencipta game video televisi dan Magnavox. Kemudian menciptakan game video yang pertama dengan menggunakan dua potensiometer untuk mengukur posisi dan *joystick analog*.

Dan sekitar tahun 1985-1986 orang-orang semakin mengenal istilah *joystick* melalui video game yang pada waktu itu populer dengan permainan Nintendo dan Sega. Seiring perkembangan teknologi yang sangat pesat *joystick* dikembangkan kedalam perangkat komputer (*hardware*).

2.6.2 Jenis-jenis Joystick

Alat ini biasanya digunakan sebagai pelengkap untuk memainkan *video game* yang dilengkapi dengan lebih dari satu tombol. Selain untuk mengontrol permainan video, tuas kontrol juga banyak diimplementasikan pada mesin lain, seperti pada kursi roda bermotor dan truk. Terdapat berbagai macam bentuk *joystick* sesuai dengan fungsi dan keperluan pengguna.

Joystick terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

1. Joystick Logitech Rumble

Jenis *joystick* yang satu ini adalah jenis *joystick* yang paling sering digunakan oleh gamers dikarenakan *joystick* ini dapat digunakan untuk game apa saja.

2. Joystick Logitech Racing Wheel

Kalau Jenis *joystick* yang satu ini berbentuk seperti stir mobil. Jenis *joystick* ini berfungsi khusus untuk permainan balap mobil.

3. *Joystick* berupa Stir Pesawat

Jenis *joystick* ini merupakan jenis *joystick* berbentuk lonjong ke atas dan berfungsi khusus untuk game seperti game pesawat terbang. *Joystick* ini digunakan untuk permainan simulasi penerbangan dengan desain 4 *axis* dan juga memiliki *Ailero*, *elevator*, *Throttle* dan *Control Power*. Bisa memainkan permainan pertarungan di udara dengan kemampuan menembakkan senjata otomatis yang baik, dan memiliki 13 tombol.

4. *Joystick Controller*

Jenis ini menggunakan *potentiometric*. Skalar pada *joystick controller* digunakan untuk menerjemahkan gerakan menjadi sinyal output. Jenis ini terbuat dari plastik, nilon, gelas penuh nilon dan *stainless steel*. Selain digunakan untuk game, juga digunakan dalam bidang industri atau peralatan untuk tugas berat seperti *forklift*, *crane*, mesin pertanian, dan kendaraan kemudi.



Gambar 2.11 *Joystick Rumble*



Gambar 2.12 *Joystick Racing Wheel*



Gambar 2.13 *Joystick Stir Pesawat*



Gambar 2.14 *Joystick Controller*

2.6.3 Penerapan *Joystick* di Industri

Dalam beberapa hal, kerja dengan tuas kendali telah menjadi kebiasaan dalam aplikasi industri dan manufaktur, seperti, crane, jalur perakitan, peralatan

kehutanan, truk pertambangan, dan excavator. Bahkan, penggunaan tuas kendali cukup tinggi, bahwa ia telah hampir menggantikan tuas kontrol mekanis tradisional di hampir semua sistem kontrol hidraulik modern. Selain itu, kebanyakan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) dan kapal selam *Remotely Operated Vehicles* (ROV) membutuhkan setidaknya satu tuas kendali untuk mengendalikan baik kendaraan, kamera on-board, sensor dan manipulator.

Karena sangat hands-on, sifat kasar dari aplikasi ini, industri *joystick* cenderung lebih ke kontroler *video game* khas, dan mampu berfungsi selama siklus hidup yang tinggi. Hal ini menyebabkan perkembangan dan pekerjaan prnginderaan "Hall Effect" untuk aplikasi ini pada tahun 1980-an merupakan bagian dari sarana kontak penginderaan. Beberapa perusahaan memproduksi tuas kendali untuk aplikasi industri yang menggunakan teknologi hall effect. Teknologi lain yang digunakan dalam desain tuas kendali adalah penggunaan pengukur regangan untuk membangun gaya transduser dari dimana gaya yang keluaran sebanding dengan gaya yang diberikan daripada defleksi fisik. Miniatur gaya *Transduser* digunakan sebagai kontrol tambahan pada tuas kendali untuk fungsi pilihan menu.

2.7 Model Kinematika

Konsep AUV didesain dengan 2 propeller, *rudder* untuk gerak manuver, dan *elevator* untuk menyelam. Berikut model kinematik yang diarahkan ke gaya dan momen:

$$F_x = T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \cos \alpha_2 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$F_y = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot \sin \beta \dots\dots\dots(2.2)$$

$$F_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot \sin \gamma \dots\dots\dots(2.3)$$

$$M_y = F_z \cdot lx_1 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$M_z = F_y \cdot lx_2 - T_1 lym_1 + T_2 lym_2 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\begin{bmatrix} F_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 & \cos \alpha_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & lx_1 \\ -lym_1 & lym_2 & lx_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix}, [F] = [A] [T], [T] = [A^{-1}][F] \dots\dots\dots(2.6)$$

$$T_i = K_T \times D_i^4 \times n_i^2, n_i = \sqrt{\frac{T_i}{K_T \times D_i^4}} \dots\dots\dots(2.7)$$

- $\alpha_{1,2}$: Sudut Propeller 1 dan 2
- β : Sudut *Rudder*
- γ : Sudut *Elevator*

Pada persamaan (2.6), matriks transformasi memiliki dimensi 4 kolom dan 3 baris. Tidak ada invers pada matriks yang diturunkan menggunakan matriks non-persegi. Namun, invers matriks dapat dibuat menggunakan invers tergeneralisasi untuk dimensi non-persegi [5]. Kemudian, gaya [F] diubah menjadi [T].

F, M, T adalah gaya, momen dan gaya dorong propeller beserta servo. $F_x, M_y,$ dan M_z dihasilkan dari konversi *joystick* untuk gerak maju, menyelam, dan manuver. F_y adalah gaya pada *rudder* dan F_z adalah gaya pada *elevator*. D adalah diameter propeller, n adalah rotasi propeller dan KT adalah koefisien dorong propeller. α adalah sudut untuk propeller 1 dan 2, β adalah sudut *rudder*, γ adalah sudut *elevator*. [6]

2.8 Model Dinamika

Model dinamik kapal dirumuskan berdasarkan *rigid-body* 6 derajat kebebasan yaitu surge, sway, heave, roll, *pitch*, dan yaw. Model dinamika kapal yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada model dinamika manuver kapal buku “*Guidance and Control of Ocean Vehicles*” dari Thor I. Fossen.

2.9 Model Davidson dan Schiff (1946)

Persamaan kemudi kapal dapat diturunkan dengan menggabungkan persamaan gerak yaw dan sway pada persamaan. Oleh karena itu, kita dapat menuliskan persamaan geraknya: [8]

$$M\dot{v} + N(u_0)v = b\delta_R \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana $v = [v, r]^T$ adalah state vector, δ_R adalah sudut kemudi dan:

$$M = \begin{bmatrix} m - Y_{\dot{v}} & mx_G - Y_{\dot{r}} \\ mx_G - N_{\dot{v}} & I_z - N_{\dot{r}} \end{bmatrix}, N = \begin{bmatrix} -Y_v & mu_0 - Y_r \\ -N_v & mx_G u_0 - N_r \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} Y_{\delta} \\ N_{\delta} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.9)$$

Catatan bahwa matriks $N(u_0)$ diperoleh dari damping D serta Coriolis dan Sentripetal istilah $C(u_0)$ additional terms mu_0 and $mx_G u_0$ adalah: [8]

$$N(u_0) = C(u_0) + D \dots\dots\dots(2.10)$$

Juga perhatikan bahwa kita telah memilih matriks inersia sehingga $M \neq M^T$. Model yang sesuai state-space diperoleh dengan asumsi $v = [v, r]^T$ menjadi state-vektor dan $u = \delta_R$ yaitu: [8]

$$\dot{x} = Ax + b_1 u \dots \dots \dots (2.11)$$

dengan

$$A = -M^{-1}N = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, b = M^{-1}b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.12)$$

2.10 Uji Model dan Sistem Navigasi

Uji model dan sistem navigasi dilakukan dengan menguji propulsi dimana menggunakan model dengan dimensi yang relevan pada kolam buatan, *towing tank*, atau danau dimana memiliki air yang tenang tanpa adanya gaya eksternal (ombak).

Didalam pelaksanaan uji model, urutan prosedur pengujian ialah sebagai berikut:

1. Persiapan
 - a. Lokasi pengujian

Pengujian kendaraan di kolam yang dalam lebih baik, karena model tidak akan terkena efek dari perairan dangkal.
 - b. Pemeriksaan model

Pemeriksaan model ini menyangkut beberapa hal seperti dimensi model, konfigurasi lambung, berat model, titik berat model, dan momen inersia model.
 - c. *Setup* model

Kendaraan harus di lengkapi dengan pengaturan kemudi, alat penggerak yang memadai, dan dapat bergerak dengan *joystick*.
 2. Pengujian

Pengujian dilakukan di kolam uji. Setiap proses pengujian juga diambil gambarnya sebagai bukti pengujian.
 3. Pengolahan data dan analisis data

Pengambilan data dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung, beberapa data yang perlu yaitu jarak, waktu, dan posisi model.
-

4. Dokumentasi

Pengambilan gambar sangat penting sebagai bukti dari hasil pengujian, dan pengambilan data dapat dilakukan dengan mengambil dari gambar. Pengambilan gambar harus menggunakan kamera yang dapat menangkap objek bergerak dengan baik, agar gambar yang dihasilkan akan bagus.
