



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

***AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE* SEBAGAI ALAT
PEMANTAU LINGKUNGAN**

Fadlila Rizki Saputra
NRP 0711134000055

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE AS ENVIRONMENT MONITORING DEVICE

Fadlila Rizki Saputra
NRP 0711134000055

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “*Autonomous Surface Vehicle* sebagai Alat Pemantau Lingkungan” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2018

Fadlila Rizki Saputra
NRP. 0711134000055

**AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE SEBAGAI ALAT
PEMANTAU LINGKUNGAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Dosen Pembimbing



Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 196904261994031003



.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE SEBAGAI ALAT PEMANTAU LINGKUNGAN

Nama : Fadlila Rizki Saputra
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ABSTRAK

Polusi lingkungan seperti gas dan cairan limbah banyak terdapat pada sungai, danau, serta pantai di sekitar area industri. Polusi tersebut dapat membahayakan kesehatan, sehingga diperlukan sebuah alat untuk memantau kondisi udara dan air di sekitar perairan tersebut. *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) merupakan robot kapal yang dapat bergerak secara otomatis dari suatu titik ke titik lain dengan menggunakan metode *waypoint*. ASV dilengkapi dengan *Global Positioning System* (GPS), sensor gas MQ-7 untuk karbon monoksida (CO), dan keasaman (pH). ASV tersebut mampu menyusuri perairan dengan medan yang sulit dijangkau manusia. Ketika lokasi telah ditentukan, kapal akan bergerak secara otomatis dan mengukur kadar gas CO dalam satuan ppm serta tingkat keasaman air dalam satuan pH yang ada di sekitar lokasi kapal secara *real-time*. Hasil pengukuran data tersebut langsung dikirimkan ke pengguna melalui telemetri radio. Hasil pengujian sistem yang dilakukan di danau menunjukkan bahwa ASV mampu bergerak secara otomatis maupun manual untuk pengambilan data sensor. Pada pengukuran data sensor gas CO memiliki rerata kesalahan sebesar 5%, sedangkan pada pengukuran data sensor keasaman memiliki rerata kesalahan 13%. Sistem navigasi *waypoint* GPS memiliki rerata kesalahan jarak sebesar 2 meter dikarenakan kemampuan GPS *receiver* yang memiliki kesalahan jarak 1,8 – 2 meter. Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem, ASV ini mampu memantau lingkungan secara otomatis sehingga dapat menginformasikan tingkat bahaya bagi kesehatan manusia.

Kata kunci: ASV, GPS, Sensor kadar keasaman, Sensor gas, Telemetri.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE AS ENVIRONMENT MONITORING DEVICE

Name : Fadlila Rizki Saputra
1st Advisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ABSTRACT

Environmental pollutants such as carbon monoxide gas and waste water are found in rivers, lakes, and beaches close to industrial areas. Such pollutants are hazardous to health, therefore a device is necessary to monitor air and water conditions on those waters. Autonomous Surface Vehicle (ASV) is a ship robot able to move automatically from one point to another. ASV is equipped with Global Positioning System (GPS), MQ-7 gas sensor for carbon monoxide (CO), and acidity level (pH). ASV is capable to navigate on the water terrains which are difficult to reach by human. Once the location is determined, the ship moves automatically while measuring the level of gas and acidity around it in real time. The measurement results of such data are directly sent to the user via radio telemetry. The test results of this system indicate that ASV is able to move automatically or manually to obtain sensor datas. Measurement of gas sensor (CO) yields a mean error of 5%, while the measurement of acidity sensor (pH) data has a mean error of 13%. The GPS waypoint navigation system has an average error distance of 2 meters. This ASV system is able to monitor the environment automatically so as to inform the level of danger to human.

Key Word: ASV, GPS, pH Sensor, Gas Sensor, Telemetry.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat yang telah diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa. Karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selama proses penelitian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dukungan secara moril maupun materiil. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang mendukung dan membantu dalam tugas akhir ini, diantaranya :

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT., selaku dosen pembimbing, atas arahan, inspirasi, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.; Dr.Eng. Ir. Totok Mujiono, M.IKom.; Ir. Harris Pringadi, MT.; Astria Nur Irfansyah, ST.,M.Eng., Ph.D, selaku dosen penguji, yang memberikan banyak masukan dan pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir ini dengan baik.
3. Kedua orang tua, Bapak Kuspiyanto dan Ibu Rini Saptoningsih, serta kakak saya Kusuma Eka Saputra, yang tidak pernah putus untuk seluruh doa, dukungan, nasihat, motivasi, serta bantuan dalam berbagai hal.
4. Teman-teman laboratorium Elektronika Industri B402 dan Elektronika Dasar B202 yang senantiasa membantu dan memberikan dukungan dalam mengerjakan tugas akhir.
5. Teman-teman Unit Kegiatan Mahasiswa maupun Tim Robotika ITS yang telah membantu dalam mengerjakan tugas akhir.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis terutama untuk berbagai kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

Surabaya,

Penulis

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi.....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Pencemaran Lingkungan.....	5
2.1.1 Pencemaran Udara	5
2.1.2 Pencemaran Air.....	6
2.2 Sensor.....	6
2.2.1 Sensor Gas CO	6
2.2.2 Sensor pH.....	8
2.3 Autonomous Surface Vehicle	9
2.3.1 Motor DC	10
2.3.2 Baterai Lythium Pollymer (Lipo).....	12
2.3.3 Driver Motor	12
2.3.4 <i>Bluetooth</i>	14
2.4 Navigasi ASV	14
2.4.1 <i>Global Positioning System (GPS)</i>	15
2.4.2 Kompas	15
2.4.3 <i>Waypoint</i>	16
2.5 Arduino Mega	17
2.6 Pengendali Propotional Integral Derivatif (PID).....	17
BAB III PERANCANGAN SISTEM	19
3.1 Blok Diagram Sistem	19
3.2 Perancangan Perangkat Keras	21
3.2.1 <i>Buck Converter</i>	21
3.2.2 Sensor Gas MQ-7	22

3.2.3 Sensor PH	23
3.2.4 GPS dan Kompas	23
3.2.5 Telemetri	24
3.2.6 Bluetooth.....	25
3.2.7 Arduino Mega	26
3.3 Perancangan Mekanik ASV	27
3.3.1 Perhitungan Beban ASV	27
3.3.2 Desain Badan ASV	28
3.4 Perangkat lunak	28
3.4.1 Perangkat Lunak ADC sensor CO	29
3.4.2 Perangkat Lunak ADC sensor pH.....	30
3.4.3 Pengendali <i>Propotional Integral Derivatif</i> (PID)	30
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM	33
4.1 Realisasi Desain ASV	33
4.2 Pengujian <i>Hardware</i>	34
4.2.1 Pengujian Kalibrasi Sesnsor Gas CO.....	34
4.2.2 Pengujian Kalibrasi Sensor pH	40
4.2.3 Pengujian Rangkaian <i>Buck Converter</i>	45
4.2.4 Pengujian Telemetri	46
4.2.5 Pengujian GPS (<i>Global Positioning System</i>)	49
4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem	51
4.3.1 Pengujian Pergerakan ASV Mode manual.....	51
4.3.2 Pengujian Pergerakan ASV Mode Otomatis.....	51
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN A	61
LAMPIRAN B.....	66
BIODATA PENULIS	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sensor Gas MQ-7	6
Gambar 2.2	Grafik Sensitifitas Sensor MQ-7.	7
Gambar 2.3	Rangkaian Sensor MQ7.....	8
Gambar 2.4	Sensor pH.....	8
Gambar 2.5	<i>Circuit modul</i> sensor pH.....	9
Gambar 2.6	Desain Kapal Katamaran.....	10
Gambar 2.7	Struktur dan Bagian-bagian Motor DC	10
Gambar 2.8	Motor DC <i>gearbox</i> 840 rpm.....	11
Gambar 2.9	Baterai Lithium Pollymer.....	12
Gambar 2.10	Modul <i>driver</i> motor <i>L298N</i>	12
Gambar 2.11	Rangkaian Motor Driver <i>L298N</i> Module	13
Gambar 2.12	<i>Bluetooth</i> HC-05	14
Gambar 2.13	GPS <i>receiver</i> Ublox M8N	15
Gambar 2.14	Kompas HMC 5883L	16
Gambar 2.15	Penggunaan sistem navigasi waypoint	16
Gambar 2.16	Arduino Mega.	17
Gambar 2.17	Kontrol PID.....	18
Gambar 3.1	Blok diagram <i>Autonomous Surface Vehicle</i>	19
Gambar 3.2	Rangkaian <i>Power Supply</i> dan <i>Buck Converter</i>	21
Gambar 3.3	Perancangan kalibrasi Sensor CO	22
Gambar 3.4	Perancangan kalibrasi sensor pH.....	23
Gambar 3.5	Navigasi ASV menggunakan GPS dan Kompas	24
Gambar 3.6	Konfigurasi telemeteri dengan arduino mega.....	24
Gambar 3.7	<i>Bluetooth</i> HC-05	25
Gambar 3.8	Desain ASV pada Auto Cad.....	28
Gambar 3.9	Flowchart kalibrasi sensor CO MQ-7.....	29
Gambar 3.10	Flowchart kalibrasi sensor pH.....	30
Gambar 3.11	Blok diagram PID.....	31
Gambar 3.12	Program pengendali PID	31
Gambar 4.1	ASV yang diterapkan	33
Gambar 4.2	Pembuatan body ASV	33
Gambar 4.3	Realisasi body ASV	34
Gambar 4.4	Alat ukur CO meter	35
Gambar 4.5	Tampilan CO meter setelah kalibrasi	36
Gambar 4.6	Pengukuran kadar gas CO	36
Gambar 4.7	Hasil pengukuran gas CO.....	38
Gambar 4.8	Hasil kalibrasi sensor CO dengan regresi polinomial.....	38

Gambar 4.9	Alat ukur pH (PH-009(I)A	41
Gambar 4.10	Proses kalibrasi sensor pH	42
Gambar 4.11	Kalibrasi sensor dengan regresi linier	43
Gambar 4.12	Pengujian Vin 12 volt dan pengujian Vout 5 volt	45
Gambar 4.13	Modul 3DR Telemetry 433MHz	46
Gambar 4.14	<i>Software</i> 3DR Radio Config	47
Gambar 4.15	Pengukuran jarak jangkauan telemetri	48
Gambar 4.16	Titik tujuan ASV pada sistem navigasi waypoint	49
Gambar 4.17	Titik tujuan ASV pada sistem navigasi waypoint (I)	52
Gambar 4.18	Titik tujuan ASV pada sistem navigasi waypoint (II)	53
Gambar 4.19	Pengukuran sampel air dengan alat ukur PH meter	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Udara bersih dan udara kotor menurut WHO	5
Tabel 3.1	Konfigurasi Telemetri dengan Arduino	25
Tabel 3.2	Penggunaan pin Arduino.....	26
Tabel 3.3	Estimasi Berat ASV	27
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran gas CO	37
Tabel 4.2	Nilai PPM sensor MQ-7 dengan CO meter	39
Tabel 4.3	Perbandingan Nilai PPM sensor MQ-7 dengan CO meter ..	40
Tabel 4.4	Hasil pembacaan alat ukur PH dengan ADC sensor PH	42
Tabel 4.5	Persamaan matematis pH	43
Tabel 4.6	Hasil nilai pH pada sensor dan alat ukur pH meter	44
Tabel 4.7	Perbandingan nilai pH antara sensor dengan pH meter.....	45
Tabel 4.8	Nilai <i>longitude</i> dan <i>latitude</i> pada sistem <i>waypoint</i>	49
Tabel 4.9	Perbedaan posisi target dengan posisi tercapai.	51
Tabel 4.10	Hasil pengujian pertama.....	52
Tabel 4.11	Hasil pengujian posisi ASV	54
Tabel 4.10	Hasil pengujian sensor pada ASV	54

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan dapat dilihat dari kandungan udara dan air pada suatu lingkungan. Udara merupakan suatu unsur yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini, karena udara adalah memiliki banyak kandungan gas, contohnya adalah O₂, yang memungkinkan makhluk hidup untuk bernafas. Namun terdapat pula kandungan gas pada udara yang tidak boleh dihirup oleh manusia contohnya adalah gas tercemar yang ditimbulkan dari sisa hasil pembakaran yaitu gas CO (*Carbon Monoxide*). Jika udara yang dihirup tercemar oleh gas CO, maka udara tersebut dapat meracuni tubuh.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.41 tahun 1999, Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara selalu berhubungan dengan sumber yang menghasilkan pencemaran yaitu sumber yang bergerak (kendaraan bermotor) dan sumber yang tidak bergerak (kegiatan industri)

Terdapat pula cairan limbah yang berada di perairan sehingga mencemari lingkungan sekitar. Untuk mengetahui jenis air yang tidak tercemar dapat diketahui dengan berbagai kriteria, yaitu apabila air tersebut tidak berasa, tidak berbau, dan tidak berwarna. Selain itu terdapat kriteria lain untuk air konsumsi, yaitu berdasarkan kadar keasaman atau pH air tersebut, air yang dapat dikonsumsi memiliki nilai pH antara 6,5 – 8,5.

Polusi lingkungan seperti gas CO dan cairan limbah tersebut banyak terdapat pada sungai, danau, serta bibir pantai di sekitar area industri. Dengan berkembangnya industri dan semakin banyaknya berbagai macam kendaraan maka semakin banyak gas-gas berbahaya yang dihasilkan sehingga dapat mengancam kesehatan tubuh. Gas-gas tersebut akan mencemari udara yang ada di lingkungan sehingga tanpa sadar akan terhirup dan masuk ke dalam tubuh, polusi tersebut dapat membahayakan kesehatan.

Timbulnya permasalahan tersebut maka terciptanya sebuah penelitian untuk memantau kualitas udara dan air di sekitar perairan dengan

menggunakan *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) yaitu berupa kapal *autonomous* yang dilengkapi dengan sensor gas CO MQ-7, sensor pH air dan GPS, yang dapat berjalan secara otomatis. Dari pemantauan ini dapat diketahui lokasi-lokasi berbahaya dan dapat mengurangi resiko yang timbul akibat gas dan udara yang tercemar oleh gas beracun di sekitar perairan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan sistem navigasi untuk menentukan lokasi yang diinginkan
2. Menjaga kestabilan kapal meskipun lokasi yang ditentukan memiliki arus yang tidak tenang.
3. Proses pengiriman data hasil pemantauan ASV ke *ground station* (*personal computer*) secara *real-time*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian pada penelitian ini bertujuan sebagai berikut :

1. Sistem navigasi menggunakan metode *waypoint* untuk menentukan jalur yang dilalui oleh ASV.
2. Menggunakan desain kapal yang memiliki lebih dari 1 lambung yaitu jenis *catamaran* agar kapal lebih stabil saat menyusuri perairan yang bergelombang.
3. Mengirimkan data yang dengan menggunakan 3DR Radio Telemetry 433Mhz.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak adanya hujan atau badai pada saat kapal sedang beroperasi sesuai lokasi dan waktu yang ditentukan.
2. Tidak adanya arus dan gelombang air yang besar.
3. Tidak adanya sampah atau ranting pada jalur yang dilalui oleh kapal.
4. Jarak yang ditempuh kapal tidak lebih 200 meter.
5. Sensor yang digunakan adalah sensor CO dan sensor kadar keasaman.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap studi literatur dilakukan pengumpulan informasi dan dasar teori yang menunjang dalam penulisan laporan penelitian. Dasar teori tersebut diambil dari artikel-artikel, forum diskusi, dan *paper* internasional.

2. Perancangan Mekanik Kapal

Pada tahap ini, mekanik kapal dirancang agar stabil pada saat menyusuri perairan, desain kapal yang digunakan adalah jenis *catamaran*. Kapal jenis *catamaran* merupakan kapal yang paling ideal digunakan untuk pemantauan suatu perairan, karena kapal *catamaran* memiliki 2 (dua) buah lambung, sehingga kapal dapat menelusuri perairan dengan stabil dan seimbang. Pembuatan mekanik kapal menggunakan kayu balsa sebagai rangka serta *body* kapal.

3. Perancangan *Hardware* Elektronik

Setelah mempelajari literatur, langkah selanjutnya merupakan tahap merancang sebuah sistem elektronika dari kapal ASV, sensor pH, sensor gas, serta *bluetooth*. Sehingga menjadi sebuah kesatuan sistem elektronika yang terintegrasi.

4. Perancangan *Software*

Pada tahap perancangan *software* dibahas mengenai algoritma pemrograman untuk pengolahan data GPS dari Arduino Mega, sensor pH, dan sensor gas MQ-7 yang disimpan pada Microsoft Excel.

5. Perancangan Sistem

Setelah melakukan riset dari referensi yang berkaitan dengan pengerjaan penelitian ini, langkah berikutnya adalah melaksanakan perancangan sistem yang akan digunakan dalam implementasi *hardware*. Pada tahap ini penggabungan antara *hardware* elektronik dan *software* pada kapal ASV yang telah dirancang.

6. Pengujian Sistem

Proses pengujian sistem dilakukan dengan menghubungkan semua *hardware* yang dibutuhkan untuk terbentuknya sistem ASV yang berfungsi mendeteksi kadar polutan di udara dan PH pada air. Cara kerja dari sistem ASV ini adalah ketika ASV dinyalakan maka ASV dikontrol terlebih dahulu menggunakan *bluetooth* yang terintegrasi dengan Android untuk memilih mode manual atau otomatis. Ketika *bluetooth* menerima

perintah dari Android maka data diteruskan pada Arduino Mega untuk mengubah mode. Apabila mode otomatis, maka sensor-sensor akan mulai memindai dan kapal akan bergerak otomatis sesuai lokasi yang telah ditentukan. Kemudian dilakukan pengujian pengiriman data dari jarak jauh.

7. Penulisan Laporan Penelitian

Pada tahap ini, penulisan laporan penelitian dilakukan pada saat tahap pengujian sistem dimulai serta setelahnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab 1 : Pendahuluan
Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- Bab 2 : Dasar Teori
Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan penelitian ini, yang meliputi teori dasar sensor gas, sensor PH, *PID controller*, Arduino Mega, GPS, *bluetooth*, dan telemetri.
- Bab 3: Perancangan Sistem
Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem perangkat keras (*hardware*) dan mekanik, serta perangkat lunak (*software*).
- Bab 4 : Pengujian dan Pembahasan Sistem
Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap Blok sistem secara keseluruhan
- Bab 5 : Penutup
Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

1.7 Relevansi

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat pendeteksi kadar polutan gas CO, dan pH air pada kawasan industri maupun komersial.
2. Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Pencemaran Lingkungan

Udara dan air merupakan unsur alam yang sangat pokok bagi makhluk hidup yang ada di muka bumi terutama manusia. Tanpa udara dan air yang bersih maka manusia kesehatan manusia akan terganggu dan dapat menyebabkan kematian.

2.1.1 Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintahan RI No. 41 Tahun 1999, Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Kualitas udara ambien dari suatu daerah ditentukan oleh daya dukung alam daerah tersebut serta jumlah sumber pencemaran atau beban pencemaran dari sumber yang ada di daerah tersebut. Zat-zat yang dikeluarkan oleh sumber pencemar ke udara dan dapat mempengaruhi kualitas udara salah satunya adalah gas CO. Parameter jenis-jenis udara bersih dan kotor ditunjukkan pada tabel 2.1.

CO merupakan senyawa yang terbentuk dari gabungan senyawa karbon dengan oksigen. Karbon monoksida merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna, contoh sumber gas CO adalah hasil dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Karbon monoksida memiliki sifat senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. CO merupakan kandungan gas pada udara yang tidak boleh dihirup oleh manusia, karena dapat menyebabkan keracunan, tidak sadarkan diri, lemas, mual, pusing, dan juga sesak nafas, serta kematian apabila menghirup gas CO dalam jumlah yang tinggi.

Tabel 2.1 Udara bersih dan udara kotor menurut WHO

Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
Bahan Partikel	0,01 – 0,02 mg/m ³	0,07 – 0,7 mg/m ³
SO ₂	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 2 ppm
CO	< 1 ppm	5 – 200 ppm
NO ₂	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 0,1 ppm
CO ₂	310 – 330 ppm	350 – 0,1 ppm
Hidrokarbon	< 1 ppm	1 – 20 ppm

2.1.2 Pencemaran Air

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup di bumi ini, terutama bagi manusia, karena digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Air dapat digunakan sebagai air minum apabila air tersebut bersih dan tidak tercemar.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No.416/PER/MENKES/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat dan dapat diminum apabila telah dimasak. Pada saat ini banyak terdapat cairan limbah yang berada di perairan sehingga mencemari lingkungan sekitar, seperti sungai dan danau. Dengan kondisi tersebut maka air tidak layak dikonsumsi oleh manusia, karena dapat membahayakan kesehatan. Untuk mengetahui jenis air yang tidak tercemar dapat diketahui dengan berbagai kriteria, yaitu apabila air tersebut tidak berasa, tidak berbau, dan tidak berwarna. Selain itu terdapat kriteria lain untuk air konsumsi, yaitu berdasarkan kadar keasaman atau pH air tersebut.

Menurut Permenkes RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal 3 September 1990, poin 16 yaitu dijelaskan tentang batas air yang dapat dikonsumsi oleh manusia dan makhluk hidup lainnya, yaitu memiliki batas minimum pH 6,5 dan batas maksimum pH 8.5

2.2 Sensor

Pada penelitian ini menggunakan dua buah sensor yang berfungsi untuk kondisi lingkungan, sensor yang digunakan yaitu sensor gas CO dan sensor pH.

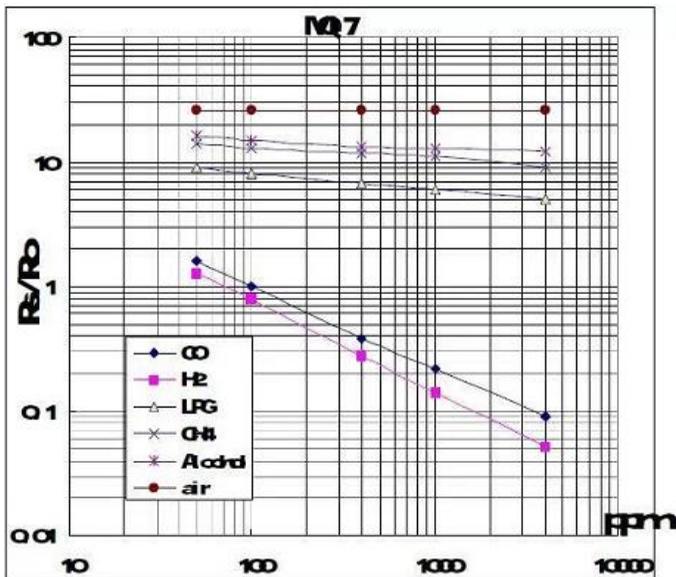
2.2.1 Sensor Gas CO



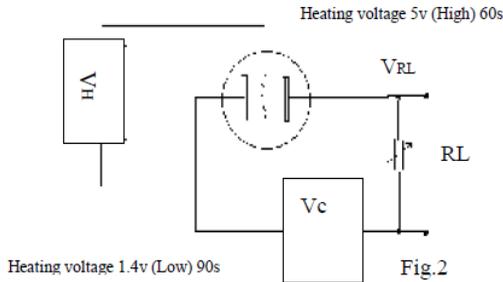
Gambar 2.1 Sensor gas MQ-7 [13]

Autonomous Surface Vehicle berfungsi sebagai alat untuk memantau lingkungan, salah satunya adalah memantau kandungan gas CO. Sensor gas CO yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor semikonduktor MQ-7. Seperti gambar 2.1 di atas merupakan sensor yang peka terhadap gas CO, gas CO merupakan gas yang dihasilkan dari sisa-sisa pembakaran.

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas karbon monoksida (CO) yang memiliki keluaran berupa ADC, memiliki tegangan *input* 5 volt dan berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi dan waktu respon yang cepat. Pada sensor ini terdapat nilai resistansi sensor (R_s) yang dapat berubah bila terkena gas dan juga sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersihan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor ini memerlukan rangkaian sederhana serta memerlukan tegangan pemanas (*power heater*) sebesar 5V, resistansi beban (*load resistance*). Gambar 2.4 menunjukkan sensitifitas sensor MQ-7.



Gambar 2.2 Grafik sensitifitas sensor MQ-7 [13]



Gambar 2.3 Rangkaian sensor semikonduktor [13]

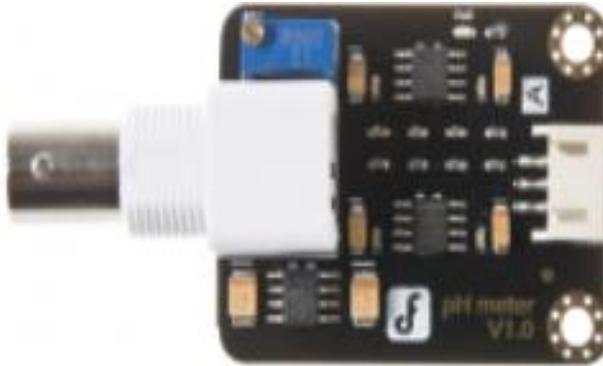
Sensor memerlukan dua buah sumber tegangan, yakni sumber tegangan untuk pemanas (V_H) dan sumber tegangan untuk rangkaian sensor (V_C). Tegangan pemanas dipakai pada pemanas terintegrasi untuk mempertahankan elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal. Tegangan sirkit digunakan untuk memungkinkan pengukuran tegangan (V_{RL}) antar kedua terminal tahanan beban (R_L) yang dihubungkan seri dengan sensor. Suatu sirkit catu daya umum dapat digunakan baik untuk V_C maupun V_H untuk memenuhi kebutuhan listrik sensor.

2.2.2 Sensor pH

Untuk mengetahui kondisi air di sekitar perairan yang dilalui oleh ASV, maka diperlukan sebuah sensor kualitas air. Sensor yang digunakan adalah sensor yang dapat mengukur kadar pH air tersebut. Gambar 2.4 merupakan jenis sensor pH produk DF Robot, yang memiliki data keluaran berupa tegangan dalam satuan milivolt, sehingga diperlukan modul tambahan, untuk mengubah ke dalam satuan volt agar dapat dikonversi ke dalam ADC untuk diproses oleh mikrokontroler.



Gambar 2.4 Sensor pH [16]



Gambar 2.5 *Circuit modul sensor pH [16]*

Gambar 2.5 merupakan modul dari sensor pH produk dari DF Robot, yang digunakan untuk mengubah keluaran dari sensor pH agar dapat terbaca oleh mikrokontroler berupa ADC sebagai nilai *input*. Modul tersebut terdapat 3 pin yang digunakan untuk sumber tegangan 5 volt, ground, serta data analog.

2.3 Autonomous Surface Vehicle

Autonomous Surface Vehicle atau ASV merupakan sebuah kapal tanpa awak yang mampu menyusuri perairan secara otomatis. ASV mampu bergerak diatas permukaan air secara otomatis dari suatu lokasi ke lokasi lain dengan bantuan sebuah sistem navigasi berupa *waypoint*, dimana titik-titik lokasinya telah ditentukan sebelumnya.

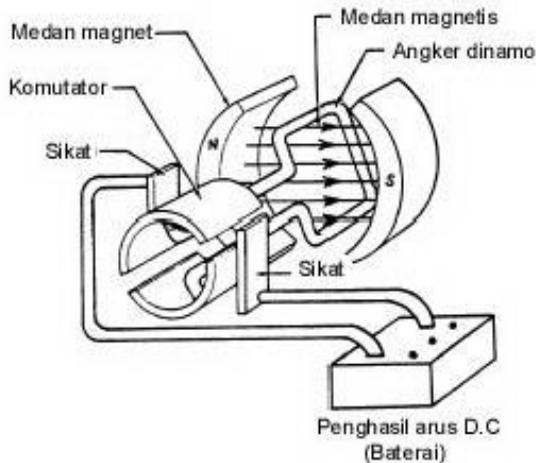
ASV dilengkapi dengan GPS (*Global Positioning System*), sensor gas, sensor pH, *bluetooth*, serta telemetri. Ketika lokasi telah ditentukan, kapal akan bergerak otomatis dan mengukur kadar gas serta kualitas air yang ada di sekitar lokasi kapal secara *real-time*. Hasil pengukuran data langsung dikirimkan ke *ground station* (personal computer) melalui telemetri. Data yang ditampilkan berupa kadar gas CO dalam satuan ppm, kualitas air dalam satuan pH, dan koordinat posisi (*longitude* dan *latitude*) sesuai hasil data yang didapat dari GPS *receiver*.



Gambar 2.6 Contoh kapal tanpa awak. [5]

Desain kapal berjenis katamaran (*Cattamaran*) merupakan jenis kapal yang memiliki dua buah lambung kapal atau dua badan kapal. Dibandingkan dengan kapal lambung tunggal, Katamaran memiliki beberapa kelebihan yang cukup jelas, yaitu adalah stabilitas pada kapal dan memiliki hambatan yang kecil. Dalam pembuatan ASV, terdapat beberapa komponen yang menunjang, yaitu :

2.3.1 Motor DC



Gambar 2.7 Struktur dan bagian-bagian Motor DC [7]

Motor DC atau Motor Arus Searah merupakan motor listrik yang memerlukan sumber arus listrik searah pada kumparan medan untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor DC memiliki dua bagian, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam, terdiri dari rangka, *brush* dan kumparan medan, sedangkan rotor adalah bagian dari motor yang berputar, terdiri dari kumparan jangkar dan komutator.

Gambar 2.7 merupakan gambar motor DC sederhana yang memiliki kumparan dengan satu buah lilitan. Prinsip kerja dari motor DC yaitu ketika motor diberikan sumber listrik DC, maka arus akan melewati *brush* yang merupakan bagian dari stator, kemudian *brush* akan mengalirkan arus menuju komutator, komutator berfungsi untuk mengubah arah arus listrik pada kumparan, konduktor atau angker dinamo yang terhubung oleh komutator tersebut akan menghasilkan medan magnet, arah dari medan magnet ditentukan oleh arah arus yang melewati konduktor tersebut menggunakan aturan tangan kanan. Dengan adanya dua buah kutub magnet permanen yang ada pada bagian stator motor DC, akan menyebabkan kumparan berputar, arah putar pada kumparan menggunakan aturan tangan kiri *Flamming*.

Pada gambar 2.8 merupakan motor DC yang digunakan adalah motor DC *gearbox* yang memiliki spesifikasi 840 rpm dan *load torque* 180g/cm, dengan spesifikasi tersebut motor dapat memutar propeller yang berada di dalam air dan menggerakkan kapal ASV. Motor DC yang digunakan memiliki sumber tegangan DC 12 volt dari baterai LiPo 3 sel.



Gambar 2.8 Motor DC *gearbox* 840 rpm

2.3.2 Baterai Lythium Pollymer (Lipo)

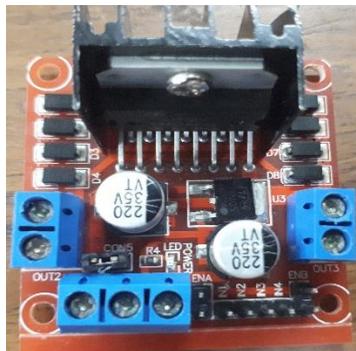


Gambar 2.9 Baterai Lithium Pollymer

Baterai Lithium Pollymer merupakan sumber energi utama pada *Autonomous Surface Vehicle*. Baterai yang digunakan merupakan baterai LiPo 3 sel, karena masing-masing sel dalam baterai LiPo memiliki tegangan sebesar 3,7 Volt, sehingga bila menggunakan LiPo 3 sel berarti baterai LiPo tersebut memiliki ukuran 11,1 Volt. Kapasitas baterai LiPo dinyatakan dalam mAh, dimana semakin besar nilai mAh semakin besar tenaga yang mampu disimpan pada baterai tersebut.

Seperti gambar 2.9, baterai LiPo menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film tersebut disusun berlapis-lapis diantara *anoda* dan *katoda* yang mengakibatkan pertukaran ion, dengan metode tersebut baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk desain dan ukuran.

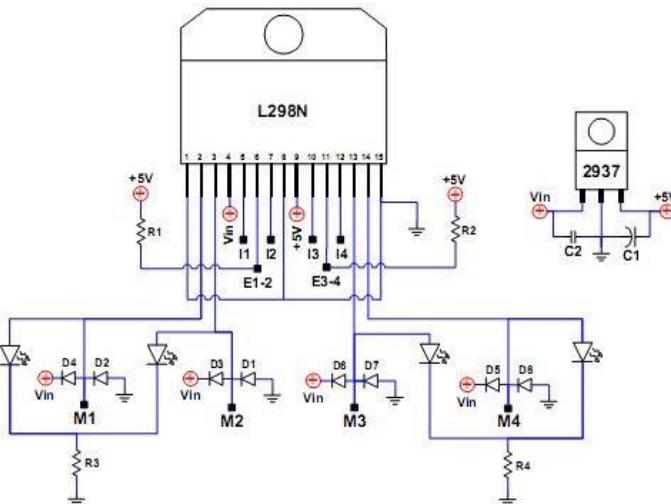
2.3.3 Driver Motor



Gambar 2.10 Modul driver motor L298N [15]

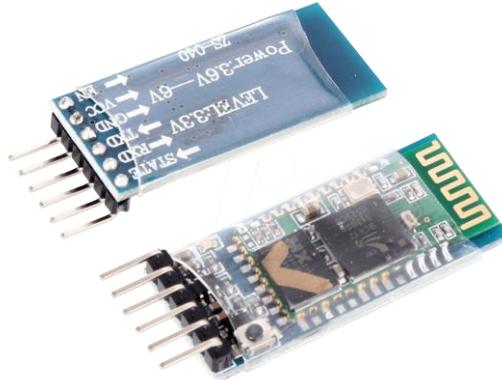
Gambar 2.10 merupakan contoh modul *driver* motor yang digunakan pada penelitian ini. *Driver* motor merupakan komponen penting yang berfungsi untuk mengatur arah (*Counter Clock Wise* atau *Counter Wise*) dan kecepatan putar pada motor. Pengaturan arah putar dan kecepatan motor yang dihasilkan berasal dari perintah program yang ada pada mikrokontroler Arduino Mega.

Pada Gambar 2.11 di bawah, menunjukkan konfigurasi dari rangkaian modul *driver* motor tipe L298N secara umum. Prinsip kerja dari *motor driver* yaitu memberikan sumber tegangan 12 volt sesuai dengan tegangan pada motor yang digunakan, kemudian dari tegangan 12 volt digunakan untuk sumber tegangan motor dan untuk regulator. Regulator berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 12 volt menjadi 5 volt, yang berfungsi sebagai sumber tegangan pada IC yang digunakan pada *driver* motor L298N. Sedangkan untuk menentukan arah putar motor dapat dikontrol dengan menggunakan Arduino Mega yang terhubung dengan pin IN1, IN2, IN3, dan IN4 pada motor driver, sedangkan untuk mengatur kecepatan putar pada motor yaitu menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang terhubung dengan pin ENA dan ENB.



Gambar 2.11 Rangkaian Modul *Driver* Motor L298N [4]

2.3.4 Bluetooth



Gambar 2.12 *Bluetooth HC-05*

Bluetooth merupakan sebuah teknologi komunikasi tanpa kabel (wireless) yang berfungsi untuk mengirim atau menerima data dalam jarak jangkauan yang terbatas. Pada umumnya bluetooth bekerja pada pita frekuensi 2.4 GHz.

Gambar 2.12 merupakan sebuah modul *bluetooth* HC-05 yang banyak beredar di pasaran, modul *bluetooth* ini memiliki jarak jangkauan kurang lebih 10 meter, sangat mudah digunakan dan memiliki ukuran dimensi yang kecil dan tipis sehingga sering digunakan pada berbagai peralatan. Pada ASV sendiri *bluetooth* HC-05 digunakan untuk mengontrol kapal secara manual apabila terjadi gangguan atau masalah pada saat kapal bergerak secara otomatis.

2.4 Navigasi ASV

Dalam istilah bahasa Indonesia panduan arah atau yang disebut juga sebagai navigasi merupakan metode untuk membaca sebuah letak (posisi) dan arah suatu benda atau kendaraan terhadap kondisi di sekitarnya. ASV dapat bergerak secara otomatis dikarenakan adanya beberapa sensor yang menunjang pada sebuah *controller*. *Global Positioning System* (GPS) dan kompas merupakan jenis sensor yang terintegrasi satu sama lain untuk menunjang navigasi pada ASV yang memungkinkan kapal dapat bergerak secara otomatis.

2.4.1 Global Positioning System (GPS)



Gambar 2.13 GPS receiver Ublox M8N [19]

GPS merupakan navigasi yang memberikan informasi berupa posisi suatu objek di bumi, berbasis sistem satelit. Untuk dapat menentukan suatu posisi objek di bumi, GPS receiver membutuhkan 3 – 4 sinyal satelit yang ditangkap agar dapat membaca posisi dengan baik. Jika GPS receiver mampu menangkap tiga sinyal satelit, maka GPS receiver akan menerima data berupa *longitude* dan *latitude*. Sedangkan jika GPS receiver mampu menangkap empat atau lebih sinyal dari satelit maka GPS receiver mampu menerima data berupa *longitude*, *latitude*.

Daya yang didapat oleh GPS receiver berupa *longitude* dan *latitude*, selanjutnya dapat diketahui letak posisi, jarak, arah, dan kecepatan suatu objek pada posisi asal ke posisi tujuan dengan menggunakan perhitungan, dan bantuan sensor berupa kompas.

Modul GPS receiver Ublox M8N seperti gambar 2.13, sudah dilengkapi kompas didalam rangkaian elektroniknya. Menurut datasheet, GPS receiver tersebut memiliki error posisi kurang lebih 2 meter. Sehingga apabila menentukan posisi tujuan harus diberikan toleransi error lokasi kurang lebih 2 meter. GPS receiver tersebut memerlukan sumber tegangan sebesar 5 volt, yang berfungsi untuk menyuplai GPS dan kompas.

2.4.2 Kompas

Kompas merupakan salah satu alat yang digunakan pada sistem navigasi, kompas bertujuan untuk menentukan suatu arah berdasarkan posisi kutub bumi. Pada umumnya kompas memberikan ukuran derajat lingkaran searah jarum jam, utara 0°, timur 90°, selatan 180°, dan barat 270°.



Gambar 2.14 Kompas HMC 5883L [18]

Dalam sistem navigasi ASV menggunakan kompas HMC 5883L seperti gambar 2.14, *axis* kompas yang digunakan hanya *yaw*, dikarenakan *yaw* berfungsi sebagai arah pada kapal atau yang biasa disebut *heading*. Berdasarkan datasheet, kompas tersebut memiliki 3 *axis* yang bisa digunakan untuk *pitch*, *yaw*, dan *roll*.

2.4.3 Waypoint

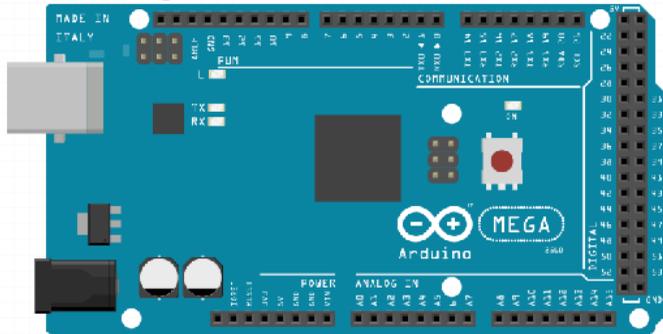
Waypoint merupakan suatu sistem navigasi yang memungkinkan suatu kendaraan dapat bergerak secara otomatis menuju lokasi-lokasi yang telah ditentukan. Prinsip kerja pada navigasi *waypoint* yaitu dengan cara membuat titik-titik lokasi tujuan yang akan dilalui oleh kapal, kemudian kapal dapat mengikuti jalur yang telah terbentuk menuju titik-titik lokasi yang telah ditentukan tersebut.

Gambar 2.15 menunjukkan penggunaan sistem navigasi dengan metode *waypoint*, untuk dapat mengetahui posisi titik-titik tersebut diperlukan data berupa *longitude* dan *latitude* yang dapat dilihat pada google maps. Setelah menentukan lokasi tersebut dapat dimasukkan ke dalam kontroller sehingga kapal dapat bergerak berurutan secara otomatis menuju titik tujuan.



Gambar 2.15 Penggunaan sistem navigasi *waypoint*

2.5 Arduino Mega



Gambar 2.16 Arduino Mega [17]

Arduino merupakan sebuah mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang sedemikian hingga agar mudah digunakan dalam berbagai bidang. Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan memiliki bahasa pemrograman yang mudah diterjemahkan, bahasa pemrograman Arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis. Pada kondisi lain terdapat clone arduino dengan menggunakan mikrokontroler berbeda dan tetap kompatibel dengan arduino pada level *hardware*.

Arduino yang digunakan pada ASV adalah Arduino Mega seperti pada gambar 2.16, karena arduino jenis ini memiliki spesifikasi yang dibutuhkan pada ASV agar dapat bekerja secara optimal. ASV membutuhkan banyak PIN *Output / Input*, serta membutuhkan tiga pin komunikasi serial yang digunakan untuk *bluetooth*, GPS, dan telemetri.

2.6 Pengendali Propotional Integral Derivatif (PID)

PID merupakan sebuah kontroler yang berfungsi sebagai pengendali kapal agar dapat bergerak secara otomatis atau biasa disebut *autonomous*. Fungsi utama kontrol PID pada *Autonomous Surface Vehicle* yaitu untuk mengatur arah atau *heading* kapal agar sesuai dengan tujuan. PID merupakan gabungan dari beberapa unsur yaitu P (*Propotional*), I (*Integral*), dan D (*Derivatif*). Unsur P, I, maupun D dapat mempercepat respon pada sistem untuk menghilangkan *offset*. Karena masing-masing mempunyai kelebihan, untuk menentukan besar dari nilai K_p , K_i , maupun

Kd dapat menggunakan cara tuning secara manual untuk mendapatkan nilai yang sesuai.

Dari gambar 2.17 fungsi transfer untuk pengendalian PID adalah :

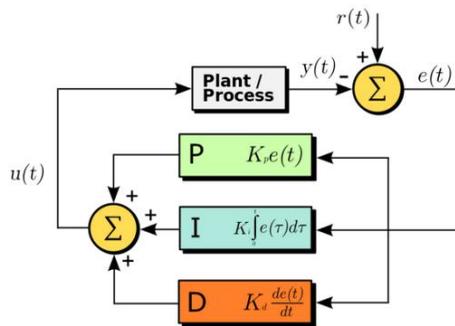
$$\text{Output} = K_p * e + K_i \int e dt + K_d de/dt \quad (2.1)$$

dimana :

$K_p = 100\%/PB$ (konstanta penguatan proporsional)

$K_i = K/Ti$ (konstanta penguatan integral)

$K_d = K_p \times Td$ (konstanta penguatan diferensial)



Gambar 2.17 Kontrol PID [10]

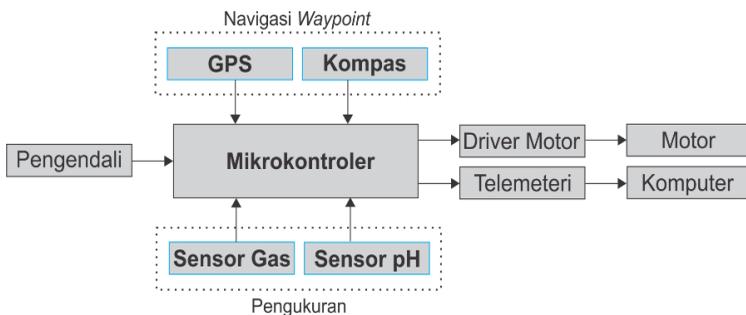
BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab perancangan sistem menjelaskan tentang sistem secara keseluruhan pada perangkat keras, perangkat mekanik dan perangkat lunak. Perangkat keras yang ada pada ASV terdiri dari komponen elektronik yang digunakan dan mekanik. Perangkat mekanik merupakan *body* kapal yang didesain menggunakan jenis kapal katamaran dengan menggunakan bahan dari balsa serta dengan lapisan carian kimia resin agar tahan terhadap air. Sedangkan perangkat elektrik yang akan digunakan yaitu Arduino Mega, 3DR *Radio Telemetry* 433 MHz, *GPS Module*, *bluetooth*, Sensor gas CO MQ7, sensor PH, serta rangkaian *buck converter*. Perangkat lunak meliputi program berupa proses pembacaan ADC pada Arduino .

3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem ini menjelaskan tentang keseluruhan kerja sistem yang terdapat pada *Autonomous Surface Vehicle*. Sistem kerja pada ASV yaitu melakukan pemantauan lingkungan dengan menggunakan sensor gas CO, dan sensor pH secara otomatis dengan menggunakan sistem navigasi GPS *waypoint*.

Pada gambar 3.1 menunjukkan blok diagram sistem keseluruhan pada ASV. ASV bergerak berdasarkan perintah yang dikirimkan oleh pengendali berupa HP Android, kemudian pengendali mengirimkan perintah ke *bluetooth* HC-05 yang dimiliki oleh ASV, perintah tersebut berupa pilihan mode yaitu mode otomatis atau mode manual, dan kemudian kapal akan bergerak sesuai perintah tersebut.



Gambar 3.1 Blok diagram *Autonomous Surface Vehicle*

Perangkat keras pada sistem ASV terdiri dari :

- Modul Sensor Gas CO
Sensor yang digunakan adalah sensor MQ7, yang digunakan untuk membaca nilai gas yang di deteksi.
- Modul Sensor pH
Sensor pH berfungsi untuk membaca nilai kualitas air. Nilai yang terbaca oleh berupa ADC digunakan sebagai *input* mikrokontroler.
- Modul GPS dan Kompas
GPS *receiver* dan kompas digunakan sebagai sistem navigasi pada ASV, untuk membaca posisi dan menentukan arah posisi kapal.
- *Driver* Motor dan Motor
Driver motor digunakan untuk mengubah sinyal PWM menjadi besaran tegangan yang digunakan untuk sumber pada motor ASV.
- Telemetry
Telemetry digunakan untuk mengirimkan data dari ASV ke komputer, dengan memanfaatkan komunikasi serial yang ada pada arduino.
- Arduino Mega
Arduino Mega yang digunakan menghitung dan mengolah semua data yang terdapat pada sistem ASV.
- Komputer
Digunakan untuk menampilkan data yang diperoleh oleh ASV selama sistem bekerja.

Sedangkan perangkat lunak dari sistem ASV secara umum adalah :

- Perangkat lunak pada mikrokontroler
Pada mikrokontroler, perangkat lunak yang dirancang berfungsi untuk melakukan proses pembacaan ADC dan komunikasi serial

Berdasarkan gambar 3.1, ketika sistem menjalankan mode manual, maka kapal akan bergerak sesuai perintah dari pengendali dan data yang akan dikirimkan ke laptop berupa data arah gerak kapal, tanpa menampilkan data GPS maupun sensor yang terdapat pada ASV. Ketika sistem menjalankan mode otomatis, maka kapal akan bergerak secara

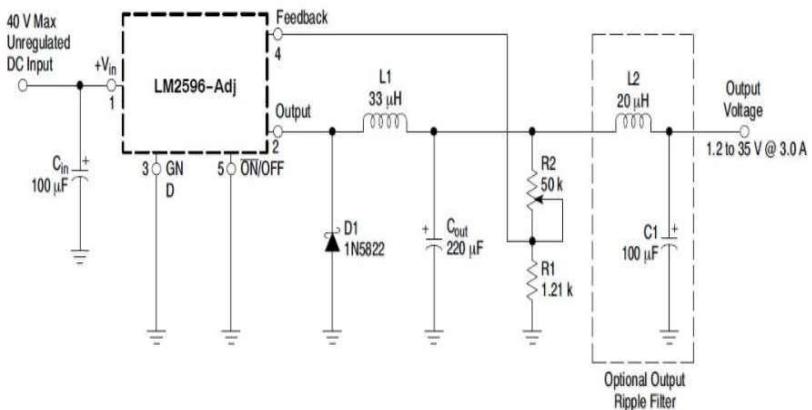
otomatis dengan menggunakan kontrol PID sebagai pengatur gerak otomatis kapal, kemudian memantau kondisi lingkungan disekitar kapal. Kondisi lingkungan yang pantau dan diukur berupa kadar gas CO dalam satuan PPM serta kualitas air dalam satuan pH, kemudian data tersebut akan dikirimkan secara langsung oleh telemetri ke *ground station* (*personal computer*) secara *realtime*.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras pada Autonomous Surface Vehicle meliputi komponen buck converter, modul sensor gas CO MQ-7, modul sensor pH, GPS kompas, telemetri, bluetooth, dan Arduino Mega.

3.2.1 Buck Converter

Buck Converter merupakan komponen yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sumber baterai LiPo sebesar 12 volt menjadi tegangan 5 volt. Keluaran tegangan 5 volt yang dihasilkan oleh *buck converter* merupakan sumber tegangan yang digunakan untuk rangkaian elektronik pada Autonomous Surface Vehicle yaitu sensor gas, sensor ph, telemetri, *bluetooth*, GPS, serta mikrokontroler Arduino Mega.

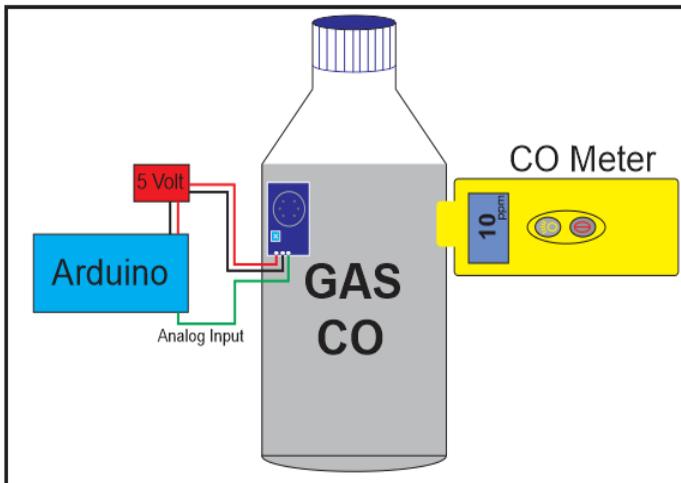


Gambar 3.2 Rangkaian *Power Supply* dan *Buck Converter* [10]

3.2.2 Sensor Gas MQ-7

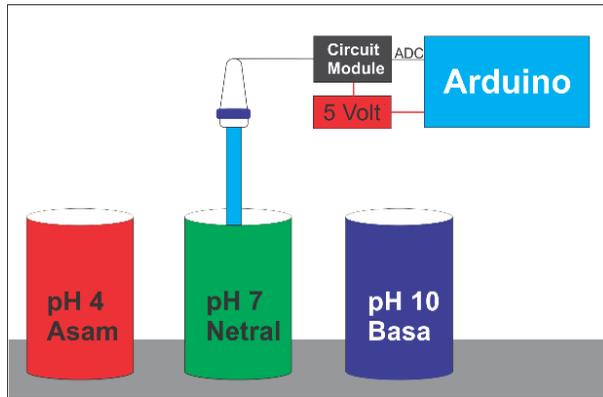
Modul sensor gas MQ-7 merupakan salah satu jenis sensor gas semikonduktor yang mampu mendeteksi kandungan gas CO (Karbon Monoksida) di udara. Pada sensor MQ-7 terdapat pin Aout yaitu merupakan pin yang menghasilkan nilai sebagai *input* mikrokontroler Arduino Mega. Nilai keluaran dari sensor MQ-7 adalah ADC, supaya sensor gas MQ-7 dapat mengkonversi hasil tegangan *output* menjadi satuan *part per million* (ppm) maka diperlukan proses kalibrasi. Proses kalibrasi ini memerlukan sensor CO MQ-7, Arduino Mega, dan CO-meter, sumber gas CO dan wadah tertutup agar gas CO tidak tercampur dengan gas lainnya, proses kalibrasi tersebut ditunjukkan seperti pada gambar 3.3.

Arduino Mega membaca data berupa tegangan ADC dari sensor dan CO-meter menunjukkan data kadar gas dalam ppm pada wadah tertutup. Kedua data ini kemudian dibandingkan untuk mendapatkan model matematis. Model matematis dari pengujian tersebut menggunakan regresi polinomial yang tersedia dalam *microsoft excel*.



Gambar 3.3 Perancangan kalibrasi sensor CO

3.2.3 Sensor PH



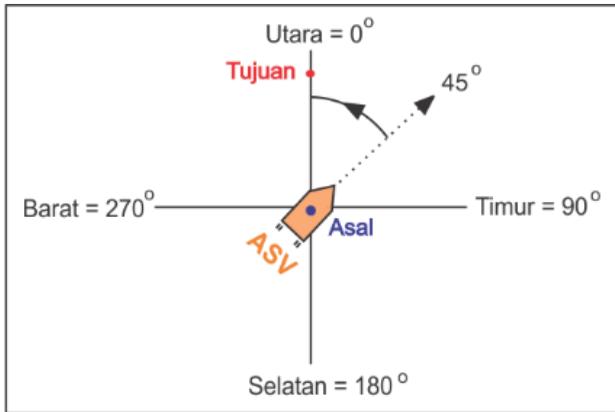
Gambar 3.4 Perancangan kalibrasi sensor pH

Dalam penelitian ini menggunakan sensor pH, yang digunakan untuk mengukur kadar keasaman air di sekitar kapal. Data yang dihasilkan oleh sensor pH berupa nilai ADC kemudian di konversi kedalam satuan pH.

Untuk dapat dikonversi ke dalam satuan pH, maka diperlukan proses kalibrasi, proses kalibrasi memerlukan 3 cairan pH yang berbeda, serta pH meter yang digunakan untuk memastikan nilai asli pH pada cairan tersebut sehingga data yang diterima oleh sensor pH dapat dikalibrasi. Proses kalibrasi menggunakan regresi linier. Gambar 3.4 merupakan perancangan proses kalibrasi sensor pH.

3.2.4 GPS dan Kompas

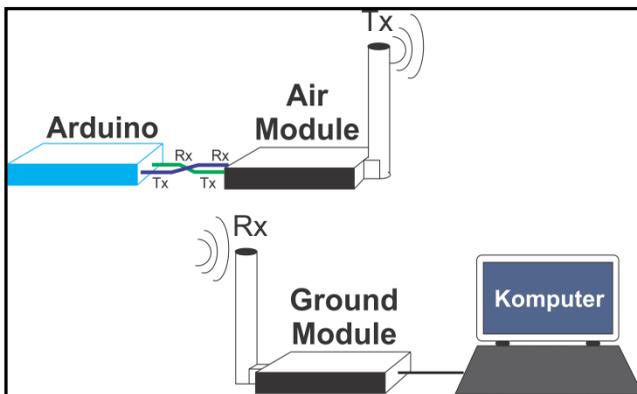
Kompas dan GPS merupakan komponen penting yang digunakan sebagai sistem navigasi pada ASV. GPS berfungsi untuk mengetahui posisi saat ini dan posisi tujuan ASV. Sedangkan kompas berfungsi untuk mengetahui arah atau *heading* kapal, seperti yang dijelaskan pada gambar 3.5. GPS receiver Ublox M8N yang digunakan merupakan sebuah modul yang di dalamnya sudah terdapat GPS *receiver* serta kompas. Komunikasi pada GPS berupa serial sehingga pin yang digunakan pada GPS adalah pin TX1, RX1, sedangkan pada kompas pin yang digunakan adalah pin SDA dan SCL, modul tersebut membutuhkan suplai tegangan 5 volt yang diambil dari keluaran *buck converter*.



Gambar 3.5 Navigasi ASV menggunakan GPS dan kompas

Untuk menghubungkan kompas dan GPS dengan Arduino, dapat dilihat berdasarkan gambar 3.5. TX dan RX GPS dipasang menyilang dengan RX TX Arduino Mega, sehingga TX pada GPS dihubungkan dengan RX pada Arduino Mega, dan RX pada GPS dihubungkan dengan TX Arduino Mega. Sedangkan untuk kompas SDA disambungkan dengan SDA Arduino, begitu juga dengan SCL kompas dihubungkan dengan SCL Arduino.

3.2.5 Telemetri



Gambar 3.6 Konfigurasi telemetri

Pada penelitian ini, *bluetooth* digunakan sebagai pengendali utama pada ASV. Sistem komunikasi *bluetooth* menggunakan serial, yang terhubung pada port TX2 RX2 pada arduino seperti gambar 3.7.

Bluetooth berfungsi sebagai kontrol manual ASV maupun kontrol otomatis ASV. Pemilihan mode kontrol terdapat pada *bluetooth* yang terhubung dengan android, dengan menggunakan aplikasi *Arduino Bluetooth Controller*. Ketika ASV dinyalakan, maka akan terhubung dengan *bluetooth*, pada saat itu juga ASV akan bergerak secara manual ataupun otomatis berdasarkan mode kontrol yang dipilih.

3.2.7 Arduino Mega

Tabel 3.2 Penggunaan pin Arduino

No.	Pin Arduino	Komponen	Keterangan
1	A0	Sensor gas	Membaca nilai ADC sensor gas
2	A1	Sensor PH	Membaca nilai ADC sensor PH
3	PWM 0 / RX 0	TX telemetri	Komunikasi jarak jauh
4	PWM 1 / TX 0	RX telemetri	Komunikasi jarak jauh
5	PWM 2	PWM Motor	<i>Output</i> PWM motor kiri
6	PWM 3	PWM Motor	<i>Output</i> PWM motor kanan
7	PWM 4	<i>Driver</i> motor	IN1 motor kiri
8	PWM 5	<i>Driver</i> motor	IN2 motor kiri
9	PWM 6	<i>Driver</i> motor	IN1 motor kanan
10	PWM 7	<i>Driver</i> motor	IN2 motor kiri
11	PWM 8	<i>Driver</i> pompa	Menyalakan pompa air
12	PWM 10	Sensor gas	Membaca hasil sensor gas
13	16 / TX 2	RX <i>Bluetooth</i>	Mengontrol ASV agar dapat bergerak otomatis / manual
14	17 / RX 2	TX <i>Bluetooth</i>	
15	18 / TX 1	RX GPS	membaca lokasi ASV berupa <i>longitude</i> dan <i>latitude</i>
16	19 / RX 1	TX GPS	

Arduino mega merupakan *controller* pada ASV yang digunakan untuk membaca nilai sensor, mengirimkan data, serta mengontrol ASV agar dapat bergerak secara manual maupun otomatis. Arduino mega dipilih karena memiliki pin input-output (I/O) yang cukup banyak, dan memiliki empat pin TX/RX. Pin I/O yang digunakan pada arduino. Berdasarkan tabel 3.2, kapal ASV membutuhkan membutuhkan tiga port komunikasi serial TX/RX, sehingga ASV dapat bekerja secara optimal apabila menggunakan arduino jenis arduino mega karena memiliki empat port komunikasi serial.

3.3 Perancangan Mekanik ASV

Perancangan mekanik pada *Autonomous Surface Vehicle* meliputi perkiraan beban pada kapal, dan desain rangka serta badan kapal dengan menggunakan *corel draw* dan *autocad*.

3.3.1 Perhitungan Beban ASV

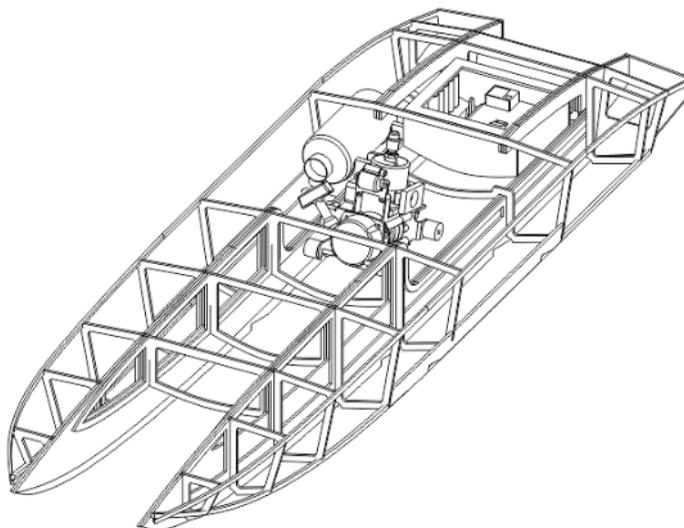
Tabel 3.3 Estimasi Berat ASV

No	Komponen	Jumlah	Berat (gram)	Total (gram)
1	Arduino Mega	1	52	52
2	Motor DC	2	120	240
3	Propeller	2	40	40
4	Driver Motor	1	42	42
5	Bluetooth	1	20	20
6	Telemetry	1	40	40
7	Sensor CO	1	20	20
8	Sensor PH	1	160	160
9	Baterai LiPo 3 sel	1	300	300
10	Buck Converter	1	40	40
11	Paralel Supply	1	40	40
12	GPS	1	100	100
13	Kompas	1	10	10
14	Voltmeter Mini	1	15	15
15	Pompa	1	35	35
16	Servo	1	60	60
TOTAL BERAT				1214

Pada subbab 3.3.1 perhitungan beban ASV, merupakan perkiraan sementara beban yang akan dibawa oleh *Autonomous Surface Vehicle*, perkiraan beban tersebut berpengaruh pada lebar dan panjang desain *Autonomous Surface Vehicle* yang akan dibuat, agar dapat mengapung dengan baik, tabel 3.3 menunjukkan estimasi beban yang dimiliki ASV.

3.3.2 Desain Badan ASV

Berdasarkan jumlah beban yang digunakan, ukuran desain kapal menyesuaikan dengan beban yang ada, agar kapal dapat mempertahankan posisi kapal pada permukaan air. Desain kapal yang digunakan adalah jenis kapal katamaran, karena jenis kapal ini lebih stabil dengan adanya dua buah lambung kapal. Dalam desain awal ASV, rangka yang akan digunakan berukuran panjang 64 cm, serta lebar 22 cm. Terdapat 2 buah motor DC yang telah dilengkapi dengan propeller 3 daun. Desain yang digunakan seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Desain ASV pada *Auto Cad*

3.4 Perangkat lunak

Pada bab perancangan perangkat lunak hanya menggunakan Arduino Mega untuk melakukan proses ADC pada sensor, kontrol PID, serta komunikasi serial dari GPS untuk sistem navigasi *waypoint*.

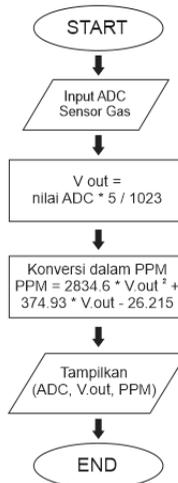
Navigasi *waypoint* adalah sistem navigasi yang digunakan oleh ASV untuk melakukan monitoring gas CO serta pH secara otomatis. Kontrol *Proposional Integral Derivatif* (PID) adalah sistem kontrol yang digunakan untuk kontrol otomatis pergerakan arah kapal.

3.4.1 Perangkat Lunak ADC sensor CO

Sensor CO adalah sensor semikonduktor yang memiliki *input* tegangan 5 volt, dan memiliki nilai keluaran berupa ADC. Nilai ADC tersebut akan dikonversi ke dalam PPM, maka diperlukan data berupa V_{out} dari sensor gas CO. ADC tersebut nantinya diproses oleh arduino yang memiliki ADC 10 bit. Perhitungan tegangan ADC (*Analog Digital Converter*) dapat dirumuskan pada persamaan 3.1 :

$$\text{Tegangan ADC} = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}} \quad (3.1)$$

Untuk dapat dikonversi kedalam satuan ppm maka diperlukan model matematis regresi polinomial, seperti yang ditunjukkan pada flowchart dibawah ini.



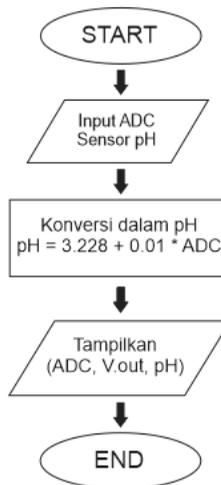
Gambar 3.9 Flowchart kalibrasi sensor CO MQ-7

3.4.2 Perangkat Lunak ADC sensor pH

Sensor pH merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kualitas air, dengan input tegangan 5 volt, dan memiliki keluaran berupa ADC. Nilai ADC tersebut akan dikonversi ke dalam satuan pH, maka ADC tersebut nantinya diproses oleh arduino yang memiliki ADC 10 bit. Perhitungan tegangan ADC (*Analog Digital Converter*) dapat dirumuskan pada persamaan 3.1 :

$$\text{Tegangan ADC} = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}} \quad (3.1)$$

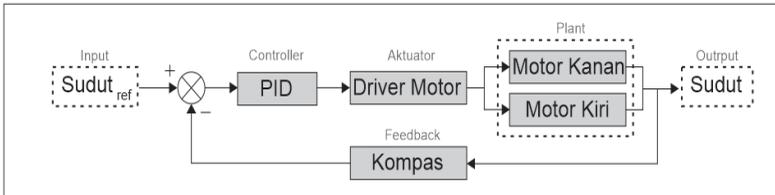
Untuk dapat dikonversi kedalam satuan pH maka diperlukan model matematis regresi linier, seperti yang ditunjukkan flowchart pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Flowchart kalibrasi sensor pH

3.4.3 Pengendali Propotional Integral Derivatif (PID)

PID adalah sebuah pengendali yang berfungsi sebagai pengatur gerak motor kapal agar dapat bergerak secara otomatis atau biasa disebut *autonomous*, sehingga motor mampu mengatur arah atau *heading* kapal sesuai dengan tujuan. Seperti yang dijelaskan diagram blok pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Blok diagram PID

PID merupakan gabungan dari beberapa unsur yaitu P (*Propotional*), I (*Integral*), dan D (*Derivatif*). Unsur P, I, maupun D dapat mempercepat respon pada sistem. Untuk menentukan besar dari nilai K_p , K_i , maupun K_d dapat menggunakan cara tuning secara manual untuk mendapatkan nilai yang sesuai dan kemudian dimasukkan kedalam program sistem gerak ASV seperti pada gambar 3.12.

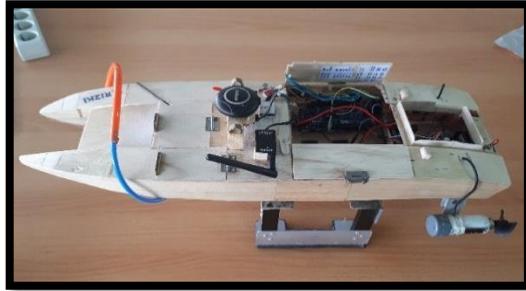
Berdasarkan gambar 3.12, error sudut didapat dari hasil pengurangan antara yaw (heading) ASV dengan bearing. Yaw merupakan *heading* atau arah hadap kapal yang didapat dari data kompas yang digunakan ASV, sedangkan *bearing* merupakan sudut target tujuan kapal yang didapat dari kalkulasi pada sistem GPS

```
//===== KONTROL PID =====//
error_sudut = yaw - bearing;
    if (error_sudut < -180) error_sudut += 360;
    else if (error_sudut > 180) error_sudut -= 360;
p_sudut = Kp * error_sudut;
d_sudut = Kd * (error_sudut - previous_error_sudut);
PID_sudut = p_sudut + i_sudut + d_sudut;
    previous_error_sudut = error_sudut ;
    if (PID_sudut > 100) PID_sudut = 100;
    else if (PID_sudut < -100) PID_sudut = -100;
throttle = 115; // Manual
steer = PID_sudut; //Otomatis
```

Gambar 3.12 Program pengendali PID

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM



Gambar 4.1 ASV yang diterapkan

Pada bab ini membahas tentang pengujian dan analisis sistem dari *Autonomous Surface Vehicle* yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Gambar 4.1 merupakan ASV yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian dan analisis bab ini dibagi menjadi berbagai tahap bagian, dengan membahas sub bagian dari perancangan sistem secara keseluruhan disertai tabel dan gambar yang mendukung pengujian dan analisis sistem.

4.1 Realisasi Desain ASV



Gambar 4.2 Pembuatan *body* ASV

Gambar 4.2 menunjukkan desain awal ASV dengan menggunakan jenis kapal katamaran, yaitu kapal yang memiliki dua buah lambung dan memiliki kelebihan dalam hal stabilitas kapal saat menyusuri perairan. ASV ini memiliki panjang 64 cm x lebar 22 cm. Bahan utama yang digunakan pada rangka dan *body* ASV adalah kayu balsa, karena kayu balsa memiliki berat yang ringan dan cukup kuat apabila telah menjadi bentuk kapal yang sempurna. Untuk bagian rangka digunakan kayu balsa dengan ketebalan 3 mm, sedangkan bagian kulit atau badan kapal digunakan kayu balsa dengan ketebalan 2 mm.

Setelah kerangka terbentuk, kemudian menutup seluruh bagian body kapal dengan kayu balsa dengan ketebalan 2 mm. Tahap terakhir dalam pembuatan body ASV adalah melapisi body kapal dengan bahan kimia berupa resin, resin tersebut mampu membuat kayu balsa menjadi keras, sehingga kapal tidak akan menjadi lapuk meskipun sering berada di perairan. Setelah melalui beberapa tahap pembuatan kapal, maka terlihat seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Realisasi *body* ASV

4.2 Pengujian Hardware

Pada pengujian *hardware* ini dilakukan dengan cara menguji masing-masing komponen (perangkat keras) yang digunakan pada *Autonomous Surface Vehicle*, yaitu sensor gas CO, sensor pH, GPS, telemetri, serta rangkaian *buck converter*.

4.2.1 Pengujian Kalibrasi Sensor Gas CO

Rangkaian sensor MQ-7 merupakan rangkaian pembagi tegangan, dengan input 5 volt, sedangkan nilai tegangan output dari sensor MQ-7 adalah nilai yang digunakan dalam proses kalibrasi sensor gas CO untuk dikonversi menjadi satuan PPM (*part per million*). Prosedur pengujian dilakukan dalam sebuah tempat tertutup dengan menggunakan pengujian kalibrasi sensor gas CO.

4.2.1.1 Prosedur Kalibrasi Awal Sensor Gas MQ-7



Gambar 4.4 alat ukur CO meter

Prosedur dalam proses kalibrasi ini menggunakan alat ukur *Carbon Monoxide* meter atau CO-meter seperti gambar 4.4, dengan model 7701 AZ instrument dengan spesifikasi yang dimiliki, yaitu dapat mengukur kadar gas CO 0-999 ppm di udara. Pada saat kadar gas CO 0-100 PPM memiliki tingkat akurasi $\pm 20\%$, sedangkan pada saat kadar gas CO 100-500 ppm memiliki tingkat akurasi $\pm 15\%$ dan bekerja pada suhu -10 hingga 60 derajat.

Terdapat beberapa langkah dalam proses kalibrasi sensor gas CO dengan menggunakan CO meter, yaitu :

1. Proses kalibrasi pada CO Meter, ditandai dengan berkedipnya layar LCD hingga 15 detik, kemudian kalibrasi pada CO meter selesai ditandainya dengan muncul tampilan 0 PPM pada layar.



Gambar 4.5 tampilan CO meter setelah kalibrasi

2. Setelah melakukan proses kalibrasi, CO meter dapat digunakan untuk mengukur kadar gas CO. Pada gambar 4.5 menunjukkan proses pengukuran menggunakan wadah tertutup, bertujuan supaya gas CO tidak tercampur dengan gas lainnya dalam proses pengukuran dan didalamnya telah terdapat gas CO, berupa asap sisa hasil pembakaran dari kendaraan bermotor. Botol tersebut didesain dengan terdapatnya dua buah lubang sebagai tempat MQ-7 dan CO meter.



Gambar 4.6 Pengukuran kadar gas CO

3. Pada proses pengukuran tersebut, data yang diambil berupa kadar gas CO dalam satuan PPM yang terbaca pada CO meter, dan nilai ADC serta tegangan *output* yang terbaca pada sensor MQ-7.

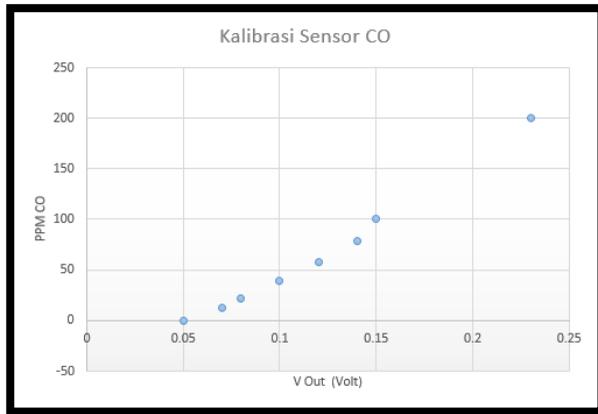
4.2.1.2 Penerapan Model Matematis Kalibrasi Sensor CO

ASV pada penelitian ini salah satunya bertujuan untuk mendeteksi kadar polutan gas karbon monoksida (CO) dalam satuan PPM dengan menggunakan sensor MQ-7. Dari data yang diambil, yaitu berupa nilai PPM pada CO meter dan tegangan *output* sensor MQ-7, diperlukan model matematis pada sensor MQ-7 saat diberi polutan gas CO agar dapat dikonversi menjadi satuan PPM. Hasil pengukuran sensor gas ditunjukkan pada tabel 4.1.

Setelah mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.1, selanjutnya tegangan *output* sensor MQ-7 dan kadar gas (PPM) dimasukkan ke dalam bentuk grafik, agar mempermudah dalam mencari model matematisnya.

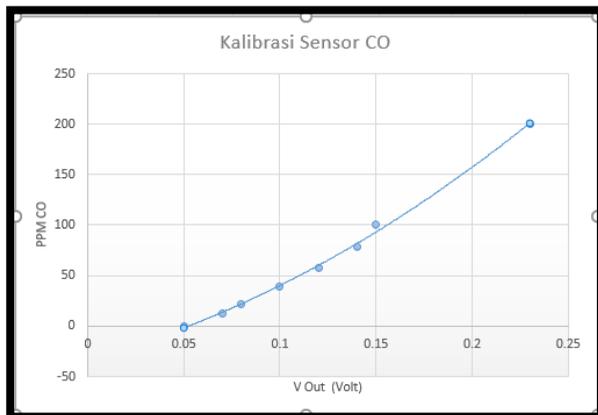
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran gas CO

No.	Tegangan MQ-7 (volt)	CO Meter (PPM)	ADC MQ-7
1	0.23	200	48
2	0.15	100	31
3	0.14	78	29
4	0.12	58	25
5	0.10	39	21
6	0.08	22	17
7	0.07	12	15
8	0.05	0	11



Gambar 4.7 Hasil pengukuran gas CO

Dalam pencarian model matematis suatu persamaan garis atau kurva menggunakan metode regresi (*trendline*) yang tersedia dalam *microsoft excel*. Regresi yang digunakan adalah regresi polinomial orde 2, yang berfungsi untuk menentukan fungsi yang paling sesuai dengan kumpulan titik data (x,y) yang diketahui, seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.8 Hasil kalibrasi sensor dengan regresi polinomial

Gambar 4.8 merupakan grafik yang terbentuk berdasarkan hubungan antara PPM yang terbaca oleh CO meter dengan tegangan keluaran pada sensor gas MQ-7 disertai model matematis regresi polinomial. Didapatkan fungsi regresi (*trendline*) polinomial dengan bentuk kurva lengkung menyerupai hasil tegangan keluaran dan kadar gas. Pada gambar 4.8 didapatkan fungsi $y = 2204.5 x^2 + 509.43 x - 32.928$. Untuk proses kalibrasi dilakukan dengan memasukkan fungsi perhitungan tersebut ke mikrokontroler Arduino, data yang ingin dicari adalah data kadar gas PPM (sumbu Y) sedangkan data tegangan keluaran sensor (sumbu X) merupakan nilai yang diketahui.

4.2.1.3 Perbandingan PPM Sensor MQ-7 dengan CO Meter

Dari hasil pengujian kalibrasi sensor gas MQ-7 dengan memasukkan fungsi ke dalam perhitungan, maka akan didapatkan hasil berupa nilai PPM pada sensor MQ-7, kemudian data nilai PPM pada sensor MQ-7 dan nilai PPM pada CO meter disimpan dalam tabel. Data yang didapatkan ditunjukkan pada tabel 4.2.

Data pada tabel 4.2 menunjukkan adanya error dalam pengukuran kadar CO dalam satuan PPM. Untuk dapat mencari nilai *error*, maka dapat menggunakan persamaan 4.1 :

Tabel 4.2 Nilai PPM sensor MQ-7 dengan CO meter

No.	CO Meter (PPM)	Sensor MQ-7 (PPM)
1	200	209.96924
2	100	93.803
3	78	81.83336
4	58	59.59484
5	39	39.624
6	22	21.92084
7	12	13.91964
8	0	-0.382

$$\text{Error} = \frac{|ppm \text{ sebenarnya} - ppm \text{ sensor}|}{ppm \text{ sebenarnya}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Tabel 4.3 Perbandingan Nilai PPM sensor MQ-7 dengan CO meter

No.	CO Meter (PPM)	Sensor MQ-7 (PPM)	Selisih (PPM)	Error (%)
1	0	-0.382	0.38	-
2	12	13.91964	1.9	15.9
3	22	21.92084	0.07	0.36
4	39	39.624	0.6	1.6
5	58	59.59484	1.6	2.7
6	78	81.83336	3.8	4.9
7	100	93.803	6.2	6.2
8	200	209.96924	9.9	4.9
Rata-rata			3.075	5.257

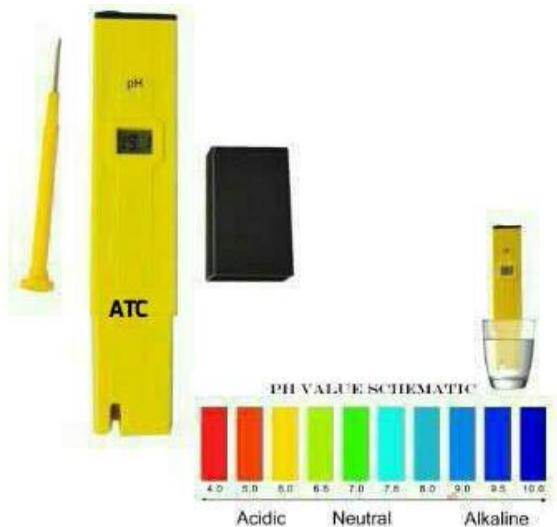
Hasil pengujian kalibrasi sensor gas MQ-7 dapat mendeteksi gas karbon monoksida dan dikonversi ke dalam satuan PPM. Pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa terdapat *error* rata-rata pembacaan 5,27% , atau selisih 0,38-9,9 ppm, dibandingkan dengan hasil pembacaan pada CO-meter. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan adanya perubahan nilai tegangan input pada sensor gas MQ-7 dan nilai sensitivitas sensor gas MQ-7 yang lebih rendah dari CO-meter.

4.2.2 Pengujian Kalibrasi Sensor pH

Sensor pH yang digunakan pada penelitian ini merupakan modul sensor pH yang memiliki keluaran berupa ADC dengan *input* tegangan pada sensor sebesar 5 volt. Nilai ADC *output* dari modul sensor pH merupakan nilai yang digunakan dalam proses kalibrasi untuk dikonversi menjadi satuan pH. Prosedur pengujian kalibrasi modul sensor pH dilakukan menggunakan 3 jenis cairan yang memiliki pH berbeda.

4.2.2.1 Prosedur Kalibrasi Sensor pH

Pengujian kalibrasi nilai pH menggunakan alat ukur pH, yaitu *Pen Type PH Meter* PH-009(I)A yang dapat mengukur kadar pH mulai dari 0.0-14.0 pH dalam air seperti pada gambar 4.9. PH meter ini memiliki tingkat akurasi akurasi ± 0.1 pH.



Gambar 4.9 alat ukur PH (PH-009(I)A).

Terddapat beberapa prosedur dalam pengujian kalibrasi sensor pH dengan menggunakan alat ukur pH meter model PH-009(I)A, yaitu :

1. Membuka *protective cap* berwarna hitam, dan memastikan elektroda pada alat ukur dalam keadaan bersih, atau dapat juga dibersihkan ulang dengan menggunakan *distilled water*.
2. Saat dinyalakan maka alat ukur tersebut dapat digunakan, untuk memastikan ulang apakah pH meter sudah sesuai dapat dikalibrasi dengan menggunakan pH buffer yang tersedia di dalam wadah alat ukur tersebut.
3. Untuk kalibrasi modul sensor pH, maka diperlukan 3 jenis cairan dengan nilai pH yang berbeda serta masing-masing cairan memiliki nilai pH yang tetap dan pasti, seperti pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Proses kalibrasi sensor pH.

4. Seperti gambar 4.10, data yang diambil pada proses pengukuran tersebut berupa ADC yang terbaca oleh modul sensor pH dan nilai pH yang terbaca pada alat ukur.

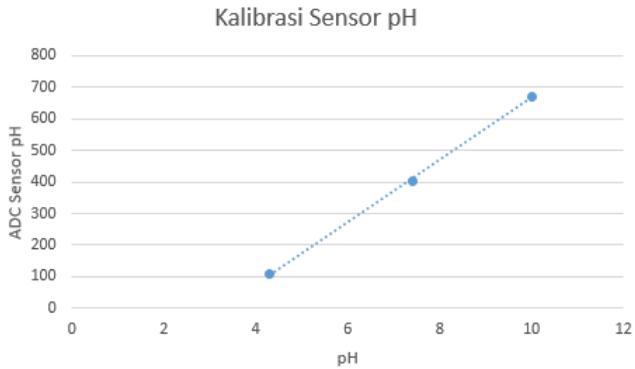
4.2.2.2 Penerapan Model Matematis Kalibrasi Sensor PH

Selain bertujuan untuk mendeteksi gas CO, ASV pada penelitian ini juga bertujuan untuk mendeteksi kadar pH pada air. Untuk mendapatkan nilai pH pada sensor yang sesuai dengan kenyataannya, maka diperlukan model matematis pada nilai ADC yang dibaca oleh sensor agar dapat dikonversi menjadi satuan pH. Hasil pengukuran sensor pH ditunjukkan pada tabel 4.4.

Dari tabel 4.4 didapatkan hasil berupa kadar pH air dengan menggunakan alat ukur, serta nilai ADC yang terbaca pada modul sensor pH. Selanjutnya hubungan antara tegangan output dengan kadar gas ppm dituangkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.11 dan kemudian dicari model matematisnya.

Tabel 4.4 Hasil pembacaan alat ukur pH dengan ADC sensor pH

No.	PH Meter (pH)	Sensor PH (ADC)
1	4.3	110
2	7.4	402
3	10	672



Gambar 4.11 Kalibrasi sensor dengan regresi linier

Model matematis yang digunakan merupakan suatu persamaan garis atau kurva menggunakan metode regresi linier. Regresi linier digunakan untuk mencari fungsi linier yang menyerupai kumpulan titik data (x,y) yang diketahui. Regresi linier memiliki batasan, yaitu hanya digunakan untuk kurva yang berbentuk mendekati garis lurus. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk regresi linier :

$$\text{Linear} \quad : Y = a + b X \quad (4.2)$$

Dimana :

Y = hasil regresi linier, nilai pH pada, modul sensor pH

a = konstanta,

b = gradien,

X = data di sumbu X, nilai ADC pada modul sensor pH

Untuk dapat menerapkan model matematis diatas, maka dibutuhkan parameter lain agar dapat dimasukkan ke dalam perhitungan fungsi diatas, paramater lainnya dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Persamaan matematis pH

No.	Sensor pH (ADC) X	pH Meter (PH) Y	X * Y	X ²
1	110	4.3	473	12100
2	402	7.4	2974.8	161604
3	672	10	6720	451584
Σ	1184	21.7	6720	451584

Setelah mendapatkan data seperti pada tabel 4.5, kemudian dimasukkan kedalam rumus matematis lainnya, seperti persamaan 4.3 dan 4.4, untuk mencari nilai koefisien a dan b pada fungsi regresi linier tersebut.

$$a = \frac{\sum Y \times \sum X^2 - \sum X \times \sum XY}{n \times \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (4.3)$$

$$b = \frac{n \times \sum XY - \sum X \times \sum Y}{n \times \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (4.4)$$

Berdasarkan data pada tabel 4.5, kemudian dilakukan perhitungan ke dalam persamaan 4.3 dan 4.4 sehingga diperoleh nilai koefisien a sebesar 3.228 dan nilai b sebesar 0.01 yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, maka akan mendapatkan persamaan baru, yaitu :

$$Y = 3.228 + 0.01 \times X \quad (4.5)$$

Rumus persamaan matematis 4.5 merupakan persamaan matematis terakhir yang digunakan dalam proses kalibrasi, sebagai konversi nilai dari ADC sensor menjadi satuan pH, persamaan tersebut merupakan model matematis dari regresi linier.

4.2.2.3 Perbandingan pH Sebenarnya dengan Hasil Sensor pH

Dari hasil pengujian kalibrasi sensor pH, dengan memasukkan data nilai ADC sensor ke dalam persamaan $Y = 3.228 + 0.01 \times X$, maka akan didapatkan hasil berupa nilai dalam satuan pH pada modul sensor, kemudian data pH yang didapat, dan nilai pH pada alat ukur pH atau pH meter disimpan dalam tabel. Data yang didapatkan ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil nilai pH pada sensor dan alat ukur pH meter

No.	Sensor pH (pH)	pH Meter (pH)
1	4.322315708	4.3
2	7.307757675	7.4
3	10.04792662	10

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan adanya error dalam proses kalibrasi modul sensor pH dalam satuan pH. Untuk dapat mencari nilai error tersebut, maka dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Error} = \frac{|pH \text{ sebenarnya} - pH \text{ sensor}|}{pH \text{ sebenarnya}} \times 100\% \quad (4.6)$$

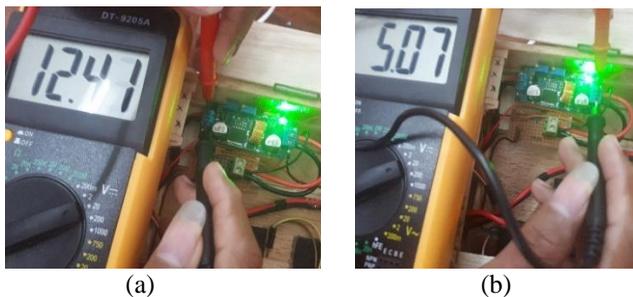
Hasil pengujian kalibrasi sensor pH, dapat mendeteksi kualitas air dengan output pada sensor berupa ADC kemudian dikonversi ke dalam satuan PH. Pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa terdapat error rata-rata pembacaan 0.92%, atau selisih 0.479-0.0922 pH dibandingkan dengan hasil pembacaan pada alat ukur pH meter.

Tabel 4.7 Perbandingan nilai pH antara sensor dengan pH meter

No.	Sensor pH (pH)	pH Meter (pH)	Selisih (pH)	Error (%)
1	4.322315708	4.3	0.044	1.02
2	7.307757675	7.4	0.092	1.26
3	10.04792662	10	0.048	0.47
Rata-rata			0.061	0.92

4.2.3 Pengujian Rangkaian *Buck Converter*

Sebagian besar sistem rangkaian elektronika pada ASV memerlukan suplai tegangan 5 volt DC, sedangkan suplai tegangan utama menggunakan baterai LiPo 3 sel, yang memiliki tegangan 12 volt DC, maka dari itu diperlukan suatu rangkaian untuk menurunkan tegangan dari 12 volt menjadi 5 volt.



Gambar 4.12 (a) Pengujian V_{in} 12 volt, dan (b) Pengujian V_{out} 5 volt

Buck Converter merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari 12 volt menjadi 5 volt. Untuk mengatur nilai tegangan yang diturunkan sehingga menjadi 5 volt, maka diperlukan pemutaran pada *multitune*, hingga mencapai nilai tegangan *output buck converter* sebesar 5 volt. Tegangan 5 volt tersebut digunakan sebagai suplai beberapa komponen elektronika, yaitu :

1. Mikrokontroler Arduino Mega
2. GPS
3. Telemetri
4. Sensor PH
5. Sensor gas MQ-7
6. Bluetooth

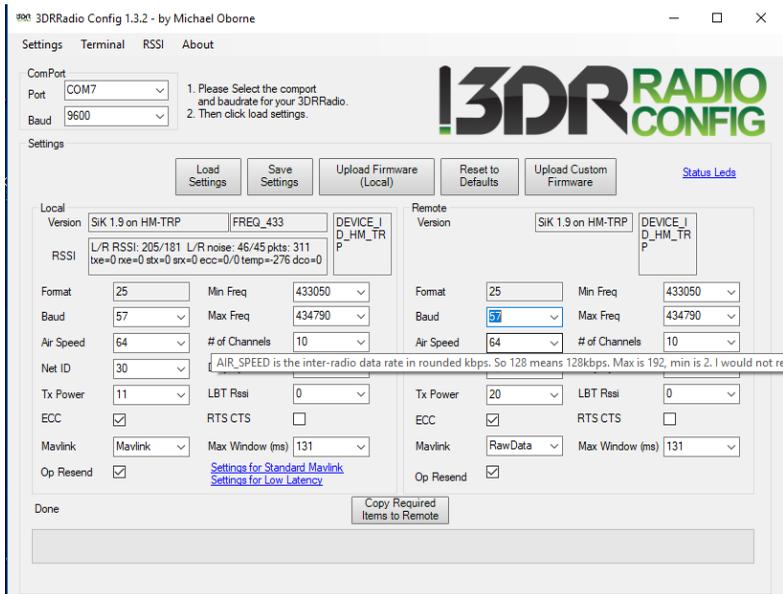
4.2.4 Pengujian Telemetri

Pada ASV ini, telemetri berfungsi sebagai media transmisi, untuk mengirimkan data yang terdapat pada ASV ke laptop secara real time. Data yang dikirimkan berupa lokasi GPS ASV (longitude, latitude), nilai sensor PH, nilai sensor gas, dan status mode pada ASV (manual atau otomatis). Telemetri yang digunakan adalah jenis 3DR Telemetri 433MHz.



Gambar 4.13 Modul 3DR telemetri 433 MHz

4.2.4.1 Prosedur Penggunaan Telemetri



Gambar 4.14 Software 3DR Radio Config

Telemetri dibagi menjadi 2 buah rangkaian yang berbeda yaitu *Ground module* dan *Air module*, dan harus saling terhubung satu sama lain, untuk dapat mengirimkan data dari ASV ke Laptop. Untuk dapat menghubungkan *Ground module* dengan *Air module*, maka harus dipastikan bahwa telemetri *Air module* telah terhubung dengan port serial 0 pada arduino mega, serta suplai tegangan 5 volt.

Tidak semua telemetri modul yang beredar dipasaran telah terhubung satu sama lain, antara *Ground module* dengan *Air module*, maka diperlukan *software 3DR Radio Config* seperti gambar 4.14, untuk dapat menghubungkan ke dua modul tersebut.

Telemetri akan menampilkan indikator berupa led pada *Ground module* dan *Air module*, sebagai tanda terhubung atau tidaknya telemetri tersebut. Apabila tidak terhubung, dapat dilakukan proses *pairing* kedua modul tersebut dengan beberapa langkah, yaitu :

1. Memberikan suplai tegangan pada modul telemetri dan menghubungkan *air module* dengan port serial 0 arduino mega,

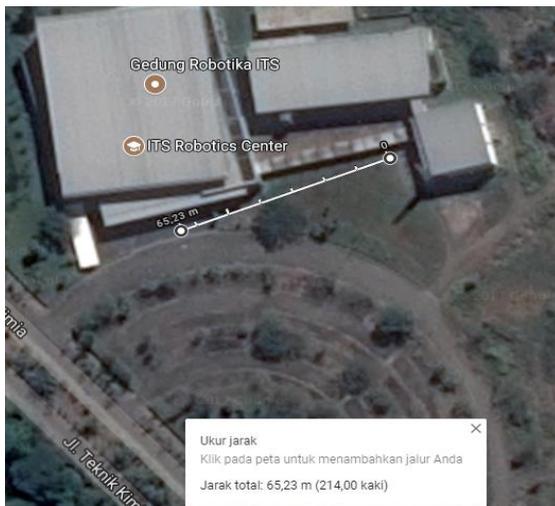
sedangkan *ground module* dihubungkan dengan port usb pada laptop.

2. Menjalankan *software* 3DR Radio Config, dan menyesuaikan port sesuai dengan port yang digunakan *ground module*.
3. Mengatur *baudrate* yang digunakan pada telemetri, dengan mengisi opsi pada kolom “baud”.
4. Setelah mendapatkan *baudrate* yang sesuai, langkah terakhir adalah *pairing*, atau menyambungkan anatara *ground module* dan *air module* dengan cara menentukan Net ID yang digunakan pada kedua modul tersebut, Net ID pada *ground module* dan *air module* harus sama.

4.2.4.2 Pengukuran Jangkauan Telemetri

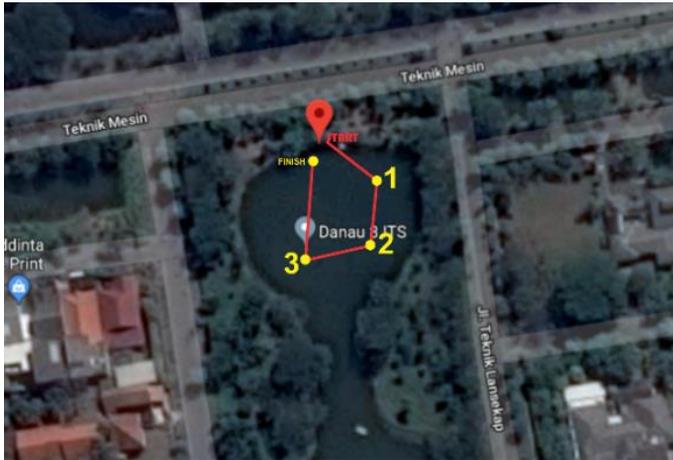
Berdasarkan pengujian pengukuran jangkauan telemetri yang dilakukan, telemetri mampu mengirimkan data dari ASV ke *ground station* atau *user* lebih dari 65 meter.

Pengujian ini dilakukan dengan cara bergerak menjauhi *garound station*, untuk mengetahui sampai berapa jauh telemetri mengalami gangguan dalam pengiriman. Hingga jarak 65 meter seperti gambar 4.15, telemetri masih mampu mengirimkan data dari ASV ke user dengan baik.



Gambar 4.15 Pengukuran jarak jangkauan telemetri

4.2.5 Pengujian GPS (*Global Positioning System*)



Gambar 4.16 Titik tujuan ASV pada sistem navigasi *waypoint*

Autonomous Surface Vehicle dapat bergerak secara otomatis dengan bantuan navigasi *waypoint* pada GPS. Navigasi *waypoint* tersebut bekerja berdasarkan titik-titik lokasi yang dipilih, sehingga ASV akan dapat bergerak menuju titik ke titik yang telah ditentukan secara otomatis.

Pengujian sistem navigasi *waypoint* dilakukan di perairan yang tidak memiliki arus maupun ombak besar dan lokasi yang dipilih dalam pengujian ini adalah Danau 8 ITS. Setelah menentukan titik-titik maka kapal akan bergerak ke posisi tujuan secara berurutan sesuai tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai *longitude* dan *latitude* pada sistem *waypoint*

No	Lokasi Tujuan	Latitude (a)	Longitude (b)
1	<i>Start (Home)</i>	-7,286172	112,795979
2	<i>Waypoint 1</i>	-7,286269	112,796094
3	<i>Waypoint 2</i>	-7,286412	112,796100
4	<i>Waypoint 3</i>	-7,286418	112,795963
5	<i>Waypoint 4 (Home)</i>	-7,286172	112,795979

4.2.5.1 Proses Kalkulasi Waypoint GPS

Untuk dapat memerintahkan pergerakan otomatis pada ASV, maka diperlukan perhitungan pada data yang terbaca oleh GPS. Terdapat beberapa proses, yaitu :

1. Membaca koordinat posisi riil longitude dan latitude ASV dalam satuan derajat, kemudian dikonversi ke dalam radian, (1 derajat adalah 0,0174533 radian).

$$\text{longitude radian} = \text{longitude} \times 0.01745329252 \quad (4.7)$$

$$\text{lattitude radian} = \text{lattitude} \times 0.01745329252 \quad (4.8)$$

Dimana ; $\text{Longitude_rad} = a$

$\text{Latitude_rad} = b$

2. Seperti poin 1, mengubah koordinat posisi target berupa longitude dan latitude dari satuan derajat kedalam radian.

$$\text{long.target radian} = \text{longitude} \times 0.01745329252 \quad (4.9)$$

$$\text{latt.target radian} = \text{lattitude} \times 0.01745329252 \quad (4.10)$$

Dimana ; $\text{Long. target rad} = aa$

$\text{Latt. target rad} = bb$

3. Setelah koordinat posisi riil dan posisi tujuan dikonversi dalam bentuk radian, maka selanjutnya dapat diketahui *bearing* terhadap posisi tujuan, dengan menggunakan perhitungan matematis pada persamaan 4.11 – 4.13.

$$\text{bearing} = \text{arc.tan2}(y, x) \times 57.295779513 \quad (4.11)$$

$$y = \sin(aa - a) \times \cos(bb) \quad (4.12)$$

$$x = \cos(b) \times \sin(bb) - \sin(b) * \cos(bb) * \cos(aa - a) \quad (4.13)$$

4. Menghitung jarak posisi riil dengan posisi tujuan dengan menggunakan dengan menggunakan persamaan 4.14 – 4.17.

$$\text{jarak} = 6371 \times 1000(m) \times \left(2 \times \text{atan2}(\sqrt{z}, \sqrt{1-z}) \right) \quad (4.14)$$

$$Z = \sin(\Delta \text{latt}/2) \times \sin(\Delta \text{latt}/2) + \sin(\Delta \text{long}/2) \times \sin(\Delta \text{long}/2) \times \cos(b) \times \cos(bb) \quad (4.15)$$

$$\Delta \text{long.rad.} = aa - a \quad (4.16)$$

$$\Delta \text{latt.rad.} = bb - b \quad (4.17)$$

5. Setelah mendapatkan jarak dan *bearing* atau sudut kapal terhadap posisi tujuan, maka ASV dapat mengatur posisi tujuan, arah hadap kapal, dan *error bearing* secara otomatis dengan bantuan kontrol PID.

4.2.5.2 Hasil pengujian *Waypoint* GPS

Tabel 4.9 Perbedaan posisi target dengan posisi tercapai.

TitikTujuan	Target Waypoint		GPS ASV	
	Lattitude	Longitude	Lattitude	Longitude
<i>Start (Home)</i>	-7,286172	112,795979	-7,286172	112,795979
<i>Waypoint 1</i>	-7,286269	112,796094	-7,286258	112,796089
<i>Waypoint 2</i>	-7,286412	112,796100	-7,286410	112,796104
<i>Waypoint 3</i>	-7,286418	112,795963	-7,286423	112,795967
<i>Waypoint 4</i>	-7,286172	112,795979	-7.286185	112,796005

Berdasarkan hasil pengujian *waypoint* GPS, ASV dapat bergerak secara otomatis sesuai lokasi-lokasi tujuan. Dalam pengujian ini GPS memiliki *error* posisi ± 2 meter. Perbedaan posisi tersebut dikarenakan spesifikasi *GPS module* yang memiliki *error* 1,5-2 meter, sehingga untuk mengoptimalkan pergerakan, program pada ASV diberikan toleransi pembacaan GPS 2 meter dan mengakibatkan ASV memiliki *error* posisi 2 meter. Hasil dari pengujian GPS dapat dilihat pada tabel 4.9.

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian keseluruhan sistem hasil yang didapatkan yaitu kapal mampu bergerak secara otomatis maupun manual.

4.3.1 Pengujian Pergerakan ASV Mode manual

Pada pengujian dengan pergerakan manual, kapal mampu bergerak berdasarkan perintah yang dikirim oleh *bluetooth*. *Bluetooth* yang terpasang pada ASV merupakan bluetooth receiver atau penerima data. Sedangkan yang mengirim data adalah bluetooth yang berasal dari Android. Kontrol menggunakan bluetooth tersebut memiliki keterbatasan jarak, dikarenakan jarak jangkauan pada bluetooth kurang lebih 10 meter.

4.3.2 Pengujian Pergerakan ASV Mode Otomatis

Pada pengujian pergerakan kapal mode otomatis, kapal mampu bergerak sesuai dengan titik tuju *waypoint* yang telah ditentukan, kapal bergerak menyusuri perairan dengan navigasi *waypoint*, pada navigasi tersebut memiliki *error* sekitar 2 meter dari posisi aslinya, seperti yang telah dijelaskan pada bab pengujian *waypoint* diatas.

4.3.2.1 Pengujian Pertama



Gambar 4.17 Titik tujuan ASV pada sistem navigasi *waypoint*

Pengujian pertama dilakukan setelah memasukkan berbagai macam sistem didalam ASV, dengan tujuan utama untuk mengetahui *error* pada sistem navigasi *waypoint* dengan bantuan kontrol motor berupa logika Boolean serta mengetahui jarak jangkauan Modul Telemetri 433Mhz. Pengujian pertama dilakukan di darat ,lokasi berada di sekitar area Gedung Robotika ITS dengan menggunakan 4 titik tujuan *waypoint*, seperti pada gambar 4.17.

Dari hasil pengujian yang didapat yaitu motor mampu bergerak secara otomatis dengan bantuan kontrol berupa logika boolean, dan navigasi *waypoint* GPS dari titik ke titik berikutnya dapat berubah secara baik serta telemetri mampu mengirimkan data ke laptop secara *real time* seperti pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil pengujian pertama.

S	Lattitude	Longitude	Beda Sudut (derajat)	Heading (derajat)	Jarak
10	-7.277824	112.798194	44	80.15	2 Meter
12	-7.277737	112.797836	13	289.37	2 Meter
11	-7.277674	112.797554	11	328.81	2 Meter
12	-7.27743	112.798088	34	341.05	2 Meter

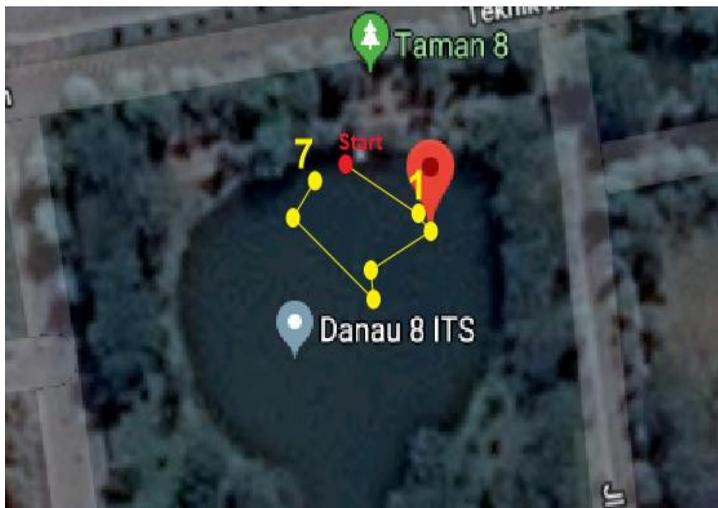
Berdasarkan tabel 4.10, ‘S’ menunjukkan jumlah satelit yang mampu diterima oleh GPS *receiver* pada ASV yaitu mulai dari 10 hingga 11 satelit, dengan error jarak 2 meter. Error jarak tersebut dikarenakan program yang digunakan pada ASV memiliki toleransi error 2 meter untuk menyesuaikan spesifikasi GPS *receiver* Ublox M8N.

Telemetri pada kondisi tersebut mampu mengirimkan data dengan jarak jangkauan hingga 65,23 meter. Jarak tersebut dapat dilihat pada google maps yang ditentukan dari posisi 3 ke posisi 4 yang merupakan lokasi awal dan akhir pada pengujian.

4.3.2.2 Pengujian Terakhir

Pengujian ASV terakhir dilakukan di perairan danau 8 kampus ITS, untuk mengetahui sistem secara keseluruhan. Pada pengujian ini menggunakan 7 titik lokasi tujuan pada sistem navigasi *waypoint* GPS. Lokasi-lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.18.

Dari pengujian ini, telemetri mampu mengirimkan data dari ASV ke laptop dengan baik, data yang dikirimkan berupa koordinat lokasi ASV longitude dan latitude, sensor gas CO, sensor pH. Pada pengujian ini ASV memonitoring kualitas kondisi air dalam satuan pH dan kondisi gas CO dalam satuan PPM pada lokasi titik-titik yang ditentukan. Data yang diterima laptop tersebut seperti pada tabel 4.11(a) dan 4.11(b)



Gambar 4.18 Titik tujuan ASV pada sistem navigasi *waypoint*

Tabel 4.11 Hasil pengujian posisi ASV.

Target	Lattitude	Longitude	Beda Sudut (derajat)	PID Sudut (derajat)
1	-7.286271	112.796142	-15.42	-8.71
2	-7.286371	112.796142	-6.16	-2.15
3	-7.286350	112.796051	5.48	2.28
4	-7.286324	112.796005	2.33	1.19
5	-7.286331	112.796005	-0.23	-1.24
6	-7.286270	112.795921	92.94	54.75
7	-7.286208	112.795928	9.38	5.00

Tabel 4.11 Hasil pengujian sensor pada ASV

Target	Gas CO (PPM)	pH (ADC)	pH
1	0	348	5.5
2	2	365	6.05
3	1	349	5.3
4	0	357	5.68
5	2	359	5.77
6	0	349	5.3
7	0	365	6.05

Berdasarkan tabel 4.11 (b) diketahui kualitas air pada danau, kemudian untuk mengetahui error dari pengukuran yang dibaca oleh sensor pH tersebut dilakukan pengukuran ulang pH dengan alat ukur pH meter (PH-009(I)A dengan mengambil sampel air pada danau tersebut. Seperti pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pengukuran sampel air danau dengan alat ukur pH meter

Berdasarkan gambar 4.19, terdapat perbedaan hasil pembacaan sensor pH dengan alat ukur pH meter. *Error* dari sensor pH tersebut 0,35 - 1,1 pH.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibangun suatu alat yaitu *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* yang merupakan sebuah kapal tanpa awak yang mampu menyusuri perairan secara otomatis dengan bantuan sistem navigasi *waypoint*. ASV dilengkapi dengan sensor gas CO dan pH, sehingga dapat memantau kondisi lingkungan di sekitar perairan. ASV tersebut mampu bergerak secara otomatis maupun manual berdasarkan pilihan mode pada *bluetooth controller*. Dari realisasi dan pengujian alat yang dilakukan di danau 8 ITS, penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sistem navigasi *waypoint* yang digunakan memiliki rerata kesalahan posisi sebesar 2 meter, kesalahan tersebut dikarenakan program pada ASV yang digunakan memiliki toleransi posisi 2 meter, untuk menyesuaikan spesifikasi dari modul GPS *receiver* Ublox M8N. Pada kalibrasi sensor gas CO MQ-7, sensor memiliki perbedaan dengan CO meter sebesar 0,4 - 9,9 ppm dan memiliki rerata kesalahan sebesar 5%, kalibrasi tersebut menggunakan regresi polinomial orde 2. Pada kalibrasi sensor pH menggunakan regresi linier memiliki perbedaan pengukuran dengan pH meter sebesar 0,05 – 0,09 pH dan rerata kesalahan 0.1% . sedangkan pada keseluruhan sistem, sensor pH memiliki perbedaan pengukuran dengan pH meter sebesar 0,35 – 1,19 pH dan memiliki rerata kesalahan 13%, kesalahan tersebut dikarenakan respon pembacaan sensor pH dan CO pada sistem memiliki waktu tunda.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan dari penelitian ini adalah :

1. Pada pengembangan selanjutnya dapat ditambahkan alat pengangkut atau pemotong *obstacle*, agar ASV tidak terhalang oleh *obstacle* di sekitarnya.
2. ASV dapat menampilkan hasil pemetaan pencemaran lingkungan sebuah perairan yang meliputi koordinat posisi, kadar CO dan pH yang dapat diintegrasikan dalam google maps.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barbri, Nouredine El; Llobet, Eduard; Bari, Nezha El; Correig, Xavier; Bouchikhi, Benachir, "Electronic Nose Based on Metal Oxide Semiconductor Sensors as an Alternative Technique for the Spoilage Classification of Red Meat", *IEEE Sensors*, 8:142-156, 2008
- [2] Mahesa Satria, dkk, "Integrasi Rancangan Sistem Observasi Kapal Permukaan Otomatis dengan Google Earth", Institut Pertanian Bogor, 2016.
- [3] Kunto Aji, "Implementasi *Mobile Sensor* sebagai Monitoring Kebocoran Gas Berbahaya", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [4] Christianto Tjahyadi. <URL : <http://christianto.tjahyadi.com/belajar-robotik/driver-motor-l298.html>>. 27 Februari 2017.
- [5] Siswandi, B, "Perencanaan *Unmanned Surface Vehicle* (USV) ukuran 3 Meter Tipe Serbu Cepat", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [6] Hermawan Putra, "Perancangan Sistem Navigasi pada Kapal (MCST-1 Ship Autopilot) untuk Mendukung Sistem Autopilot", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [7] Arifsh. <URL: <https://arifsh2009.wordpress.com/2014/11/02/generator-dan-motor-dc/>>. 2 november 2014.
- [8] Mohamad Ridwan, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Penjejak Lintasan Pada Kapal Tanpa Awak Menggunakan Fuzzy Logic", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [9] Dwita Mido Gumelar, Muhammad Rivai, Tasripan, "Rancang Bangun *Wireless Electronic Nose* berbasis Teknologi *Internet of Things*", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [10] Irfan Fachrudin, Muhammad Rivai, Rudy Dikairono, "Pemetaan Distribusi Gas Polutan berbasis *Autonomous Waypoint Navigation*", *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5 No. 2, 2016.
- [11] Dimas Arief Rahman, Muhammad Rivai, Rudy Dikairono, "Sistem Navigasi Pada Balon Udara Menggunakan GPS dan Kontrol Logika *Fuzzy*", *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5 No.2, 2016.
- [12] Lutfhan Aufar Akbar, Muhammad Rivai, Fajar Budiman, "Rancang Bangun Sensor Node pada *Wireless Sensor Network* Menggunakan Deret Sensor Gas dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Mendeteksi Kebakaran Hutan", *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5 No.2, 2016.

- [13] *Datasheet*, **HWSensor**. <URL: <http://english.hwsensor.com/English/Gas-Sensor-and-Module/>>. 26 mei 2013.
- [14] Sparkfun, “Technical Data MQ-7 Gas Sensor” <URL: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ7.pdf>> ,2012.
- [15] *Datasheet*, **STMicroelectronics**. <URL: <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/82/cc/3f/39/0a/29/4d/f0/CD00000240.pdf/files/CD00000240.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000240.pdf>> Januari 2000.
- [16] *Datasheet*, **DFRobot**. <URL: <http://image.dfrobot.com/image/data/SEN0161/pH%20meter%20V1.0%20SCH.pdf>> 26 Juli 2013.
- [17] Anonim, **Arduino**. <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>> 2009.
- [18] *Datasheet*, **Honeywell**. <<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/428790/HONEYWELL/HMC5883L.html>> 2010.
- [19] *Datasheet*, **Ublox**. <[http://x9gps.com/Tools/LT30TM/UBLOX_Int_GPS/NEO-M8N-FW3_HIM_\(UBX-15029985\).pdf](http://x9gps.com/Tools/LT30TM/UBLOX_Int_GPS/NEO-M8N-FW3_HIM_(UBX-15029985).pdf)> Januari 2016.
- [20] Mayoogh Girish, **Arduino**. <<https://create.arduino.cc/projecthub/user206876468/arduino-bluetooth-basic-tutorial-d8b737Sd>> 23 Mei 2016.

LAMPIRAN A

1. Program Inti Autonomous Surface Vehicle

```
#include "GPS.h"
#include "bluetooth.h"
#include "sensorCO.h"
#include "sensorPH.h"
char tampil[100];

void setup()
{
  setupGPS ();
  setupbluetooth();
  setupsensorCO();
  setupsensorPH();
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  loopbluetooth ();
  switch(status_otomatis)
  {
    case 0: // manual
      kapal_gerak_manual(val);
      sprintf(tampil, "MANUAL command: %c", val);
      Serial.print(tampil);
      Serial.print("\n");
      //delay(200); //100
      break;
    case 1:
      loopGPS();
      loopsensorCO();
      loopsensorPH();
      Serial.print("target : "); Serial.print(target);
      //delay(200); //100
      break;
  }
}
```

```
}
```

2. Program GPS Autonomous Surface Vehicle

```
#include <TinyGPS++.h>
#include "motor.h"
#include <Wire.h>
TinyGPSPlus gps;
int target = 1 ; //target tujuan
int steer = 0 ;
int throttle = 0 ;
float yaw;
float heading;
int kiri;
int kanan;

float latitude;
float longitude;
float error_sudut, previous_error_sudut, p_sudut, d_sudut, PID_sudut;
float distance, error_posisi, previous_error_posisi, p_posisi, d_posisi,
PID_posisi;

void setupGPS(void)
{
  //Serial untuk G.P.S
  Serial1.begin (9600);
}

void loopGPS(void)
{
  double bearing ;
  double target_lat;
  double target_lon;

  Wire.begin();
  Wire.beginTransmission(0x1E);
  Wire.write(0x02);
  Wire.write(0x00);
  Wire.endTransmission();
```

```

int mag_x, mag_y, mag_z;
Wire.beginTransmission(0x1E);
Wire.write(0x03);
Wire.endTransmission();

Wire.requestFrom(0x1E, 6);
if(6 <= Wire.available())
{
    mag_x = Wire.read()<<8; //MSB x
    mag_x |= Wire.read() ; //LSB x
    mag_z = Wire.read()<<8; //MSB z
    mag_z |= Wire.read() ; //LSB z
    mag_y = Wire.read()<<8; //MSB y
    mag_y |= Wire.read() ; //LSB y
}
heading = atan2 (mag_y, mag_x);

float declinationAngle = 0.22;
heading += declinationAngle ;
    if (heading < 0)
        heading += 2 * PI;
    if (heading > 2 * PI)
        heading -= 2 * PI;
yaw = heading * 180 / M_PI;

//baca gps
while (Serial1.available() > 0)
    if (gps.encode( Serial1.read() ))
if (gps.location.isValid())
{
    latitude = gps.location.lat();
    longitude = gps.location.lng();
}

switch (target){
case 1:
    target_lat = -7.286282, target_lon = 112.796136;
    break;

```

```

case 2:
    target_lat = -7.286282, target_lon = 112.796136;
    break;
case 3:
    target_lat = -7.286351, target_lon = 112.796047;
    break;
case 4:
    target_lat = -7.286319, target_lon = 112.796001;
    break;
case 5:
    target_lat = -7.286336, target_lon = 112.796011;
    break;
case 6:
    target_lat = -7.286272, target_lon = 112.795925;
    break;
case 7:
    target_lat = -7.286161, target_lon = 112.795943; //danau 8
    break;
}

```

```

float latitude_rad = latitude * 0.01745329252;
float longitude_rad = longitude * 0.01745329252;
float target_lat_rad = target_lat * 0.01745329252;
float target_lon_rad = target_lon * 0.01745329252;
float y = sin(target_lon_rad - longitude_rad) * cos(target_lat_rad);
float x = cos(latitude_rad) * sin(target_lat_rad) - sin(latitude_rad) *
cos(target_lat_rad) * cos(target_lon_rad - longitude_rad);
bearing = atan2(y, x) * 57.295779513;

```

```

float earth_radius = 6371.137 * 1000 ;
float delta_lat = target_lat_rad - latitude_rad;
float delta_lon = target_lon_rad - longitude_rad;
float a = sin(delta_lat / 2) * sin(delta_lat/2) + sin(delta_lon / 2) *
sin(delta_lon / 2) * cos(latitude_rad) * cos(target_lat_rad);
float c = 2 * atan2(sqrt(a), sqrt(1-a));
float distance = earth_radius * c;
//===== KONTROL PID =====//
error_sudut = yaw - bearing;
    if (error_sudut < -180) error_sudut += 360;

```

```

        else if (error_sudut > 180) error_sudut -= 360;
    p_sudut    = 0.5 * error_sudut;
    i_sudut    = 0
    d_sudut    = 0.1 * (error_sudut - previous_error_sudut);
    PID_sudut  = p_sudut + i_sudut + d_sudut;
    previous_error_sudut = error_sudut;
    if (PID_sudut > 100) PID_sudut = 100;
    else if (PID_sudut < -100) PID_sudut = -100;

error_posisi = abs(distance) * cos(error_sudut * 0.01745329252);
p_posisi    = 50 * error_posisi;
d_posisi    = 5 * (error_posisi - previous_error_posisi);
PID_posisi  = p_posisi + d_posisi;
previous_error_posisi = error_posisi;
if (PID_posisi > 100) PID_posisi = 100;
else if (PID_posisi < -100) PID_posisi = -100;

throttle = 115;    //70 / 50/ Manual
steer = PID_sudut; //Otomatis

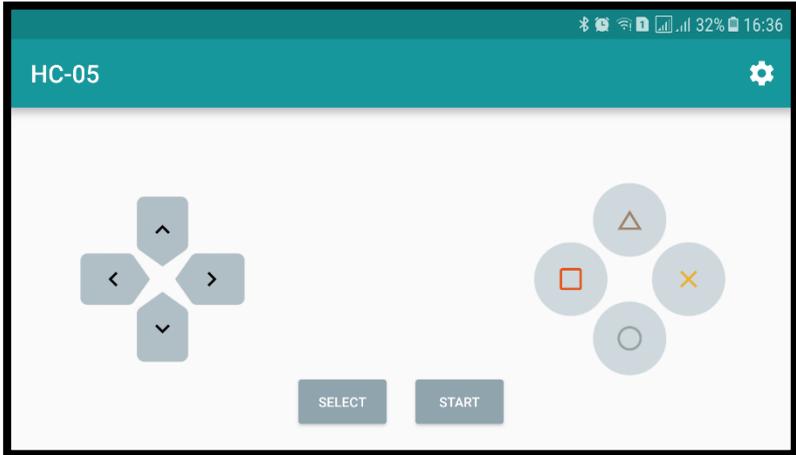
kiri = throttle - steer;
kanan = throttle + steer;

kanan = constrain(kanan, -255, 255);
kiri = constrain(kiri, -255, 255);

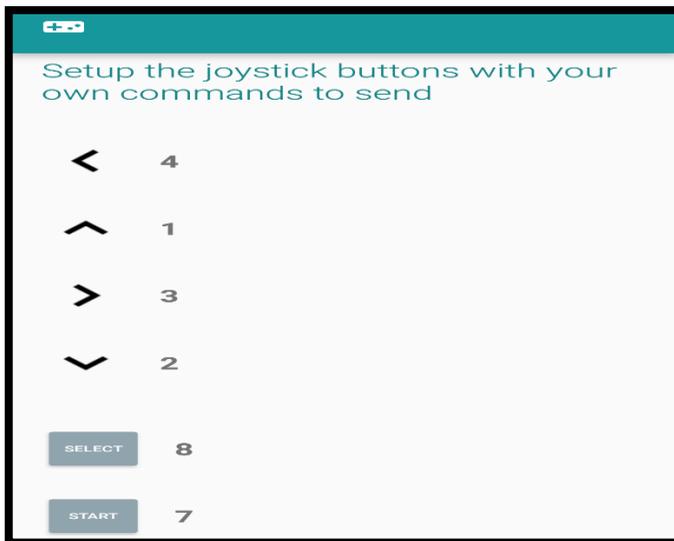
```

LAMPIRAN B

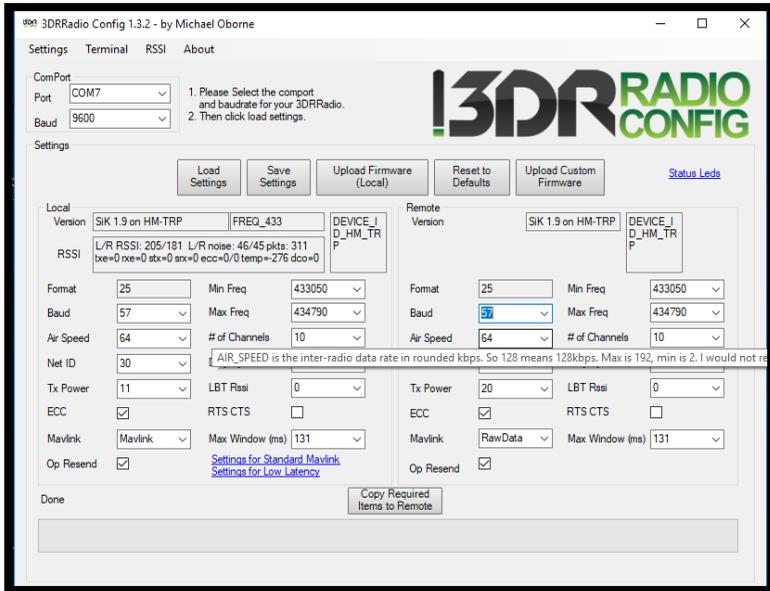
Software Arduino Bluetooth Controller



Pengaturan Arduino Bluetooth Controller



Software 3DR Radio Config Telemetry



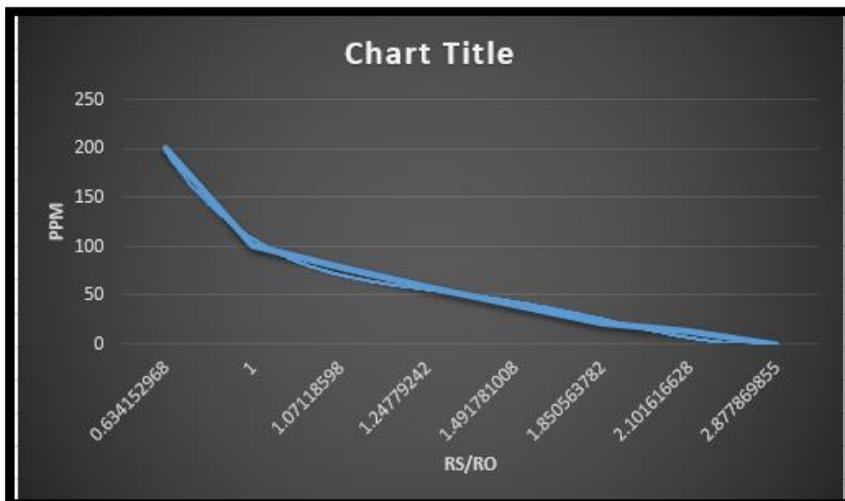
Pengukuran Error Jarak Waypoint Menggunakan Google Maps



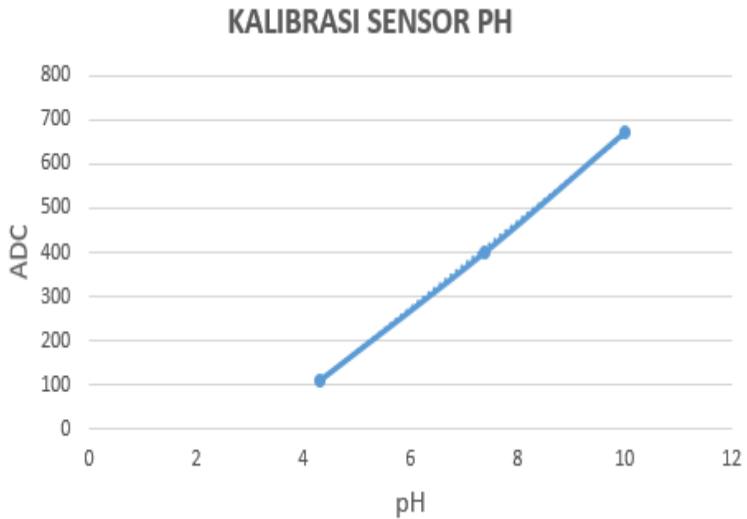
Hasil Pengujian GPS dan Kompas Pertama

8	.....	Beda Sudut: 157.59	Heading (degrees): 257.55	Distance:	Course:	
8	.....	Beda Sudut: 159.66	Heading (degrees): 260.25	Distance:	Course:	
8	.....	Beda Sudut: 162.36	Heading (degrees): 262.24	Distance:	Course:	
8	.....	Beda Sudut: 164.35	Heading (degrees): 263.50	Distance:	Course:	
8	-7.277370	112.797958	Beda Sudut: 165.62	Heading (degrees): 264.71	Distance: 17	Course: 103.02
8	-7.277370	112.797958	Beda Sudut: 161.68	Heading (degrees): 264.83	Distance: 17	Course: 103.02
8	-7.277370	112.797958	Beda Sudut: 161.80	Heading (degrees): 263.54	Distance: 17	Course: 103.02
8	-7.277370	112.797958	Beda Sudut: 160.52	Heading (degrees): 262.73	Distance: 17	Course: 103.02
8	-7.277370	112.797958	Beda Sudut: 159.71	Heading (degrees): 261.81	Distance: 17	Course: 103.02
8	-7.277370	112.797958	Beda Sudut: 158.79	Heading (degrees): 259.99	Distance: 17	Course: 103.02
8	-7.277435	112.798042	Beda Sudut: 156.96	Heading (degrees): 259.28	Distance: 8	Course: 66.92
8	-7.277435	112.798042	Beda Sudut: 192.36	Heading (degrees): 257.18	Distance: 8	Course: 66.92
8	-7.277435	112.798042	Beda Sudut: 190.26	Heading (degrees): 254.01	Distance: 8	Course: 66.92
8	-7.277435	112.798042	Beda Sudut: 187.09	Heading (degrees): 254.48	Distance: 8	Course: 66.92
8	-7.277435	112.798042	Beda Sudut: 187.56	Heading (degrees): 255.24	Distance: 8	Course: 66.92
8	-7.277435	112.798042	Beda Sudut: 188.32	Heading (degrees): 255.58	Distance: 8	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 225.41	Heading (degrees): 255.32	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 225.15	Heading (degrees): 255.19	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 225.03	Heading (degrees): 255.58	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 225.41	Heading (degrees): 254.90	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 224.74	Heading (degrees): 254.63	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 224.47	Heading (degrees): 255.07	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 224.90	Heading (degrees): 254.86	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 224.69	Heading (degrees): 254.26	Distance: 6	Course: 30.17
8	-7.277457	112.798080	Beda Sudut: 224.88	Heading (degrees): 254.48	Distance: 6	Course: 30.17

Kalibrasi CO Menggunakan RS/RL



Grafik Kalibrasi Sensor pH



Hasil Kalirasi Sensor pH dengan Regresi Linier

No.	Sensor PH X	PH Meter Y	X . Y	X . X		Sensor PH	PH Meter
1	110	4.3	473	12100		4.344315708	4.3
2	402	7.4	2974.8	161604		7.307757675	7.4
3	672	10	6720	451584		10.04792662	10
4							
5							
6							
7							
8							

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BIODATA PENULIS



Fadlila Rizki Saputra dilahirkan di Boyolali, Jawa tengah pada tanggal 21 Oktober 1994 dari pasangan bapak Kuspiyanto dan ibu Rini Saptoningsih. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari TK Aisyiyah 15 Jaten, SD N 03 Jaten Karanganyar, SMP N 1 Karanganyar, SMA N 1 Karanganyar, kemudian pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama kuliah penulis aktif dalam kegiatan di lingkungan jurusan maupun di luar lingkungan jurusan. Pada tahun 2015-2017 penulis aktif dalam UKM Robotika ITS sebagai anggota Tim Robotika ITS divisi KRPAI Berkaki.

Email : fadlilarizki.e53@gmail.com