



TUGAS AKHIR - EE 184801

SISTEM PENGHINDAR HALANGAN DENGAN METODE LIDAR PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE

Muhammad Fikri
NRP 07111540000057

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T. , M.T.

DEPATERMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - EE 184801

**SISTEM PENGHINDAR HALANGAN DENGAN METODE
LIDAR PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE**

Muhammad Fikri
NRP 0711154000057

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - EE 184801

***OBSTACLE AVOIDANCE SYSTEM WITH LIDAR
METHOD IN UNMANNED SURFACE VEHICLE***

Muhammad Fikri
NRP 0711154000057

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

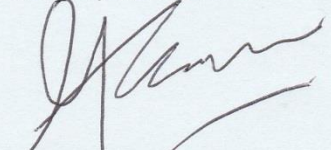
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Sistem Penghidar Halangan Dengan Metode Lidar pada *Unmanned Surface Vehicle*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan tidak diijinkan 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, 25 Juni 2019



Muhammad Fikri
NRP. 0711 15 4000 057

**SISTEM PENGHINDAR HALANGAN DENGAN METODE
LIDAR PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE**

TUGAS AKHIR

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

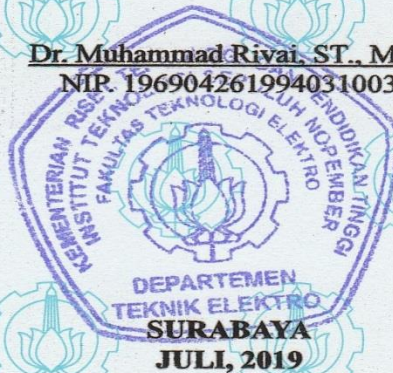
**Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing

Dr. Muhammad Rivai, ST., M.T.

NIP. 196904261994031003



SISTEM PENGHINDAR HALANGAN DENGAN METODE LIDAR PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE

Nama : Muhammad Fikri
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ABSTRAK

Alat Utama Sistem Senjata (ALUSISTA) menjadi kunci utama penjaga keamanan negara, sehingga diperlukan kapal patroli sebagai kapal pengintai yang dapat menjaga kedaulatan wilayah laut Indonesia yang akhir-akhir ini sedang ramai dibicarakan, mulai dari pembajakan kapal di wilayah perbatasan, penyelundupan barang ilegal, hingga ilegal fishing oleh negara lain. Dibutuhkan kapal tanpa awak atau biasa disebut Unmanned surface Vehicle (USV) untuk mempermudah pengawasan. Pada penelitian ini dikembangkan robot USV yang dapat dikendalikan secara manual dan otomatis. Pengendali otomatis dapat bekerja berdasarkan letak titik-titik kordinat yang sudah ditentukan. Dalam pengendali otomatis USV juga dilengkapi sistem penghindar halangan. Sistem penghindar halangan merupakan salah satu perilaku yang membawa USV bergerak bebas tanpa tabrakan. Sensor yang digunakan untuk sistem ini adalah *Light Detection and Ranging* (LIDAR). LIDAR adalah sebuah teknologi jarak jauh menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu objek dari target yang dituju. LIDAR yang dipakai dari produsen RPLIDAR tipe A1. LIDAR akan diproses di teensy 3.2 kemudian data LIDAR akan dimasukkan dalam metode penghindar halangan sehingga tingkat keberhasilan akan semakin tinggi. Penelitian ini menghasilkan tingkat keberhasilan sistem penghindar halangan mencapai 100% Diharapkan sistem penghindar halangan ini akan membantu USV untuk terhindar dari tabrakan terhadap suatu objek ketika akan menuju keposisi waypoint yang telah ditentukan.

Kata Kunci : LIDAR, *Waypoint*, Unmanned Surface Vehicle, penghindar halangan

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

*OBSTACLE AVOIDANCE SYSTEM WITH LIDAR METHOD IN
UNMANNED SURFACE VEHICLE*

Name : Muhammad Fikri
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ABSTRACT

Alat Utama Sistem Senjata (ALUSISTA) is being the key of nation's security guard right now, so we need patrol ship as spy ship to guard sovereignty of Indonesian seas that our seas being hot topic lately, starting from ship piracy on the border, illegals smuggling, and illegal fishing from abroad. Unmanned ship or so called as Unmanned Surface Vehicle (USV) is required to ease the supervision. Automatic Controlled of USV is equipped with obstacle avoidance system. Obstacle avoidance system is one of the function that bring USV moving freely without any collision. Sensor that being used for this system is Light Detection and Ranging (LIDAR). LIDAR is a long distance technology using the spread of light property to find distance and information of an object from addressed target. LIDAR that being used is RPLIDAR with Type A1. LIDAR will be processed on teensy 3.2. Then, the data will be the input of obstacle avoidance method, so there will be the significant result of success rate. This research resulted over 100% success rate of obstacle avoidance system. It is expected that obstacle avoidance system will help USV to avoid collisions of an object when it will go to the specified waypoint.

Keyword : LIDAR, Waypoint, Unmanned Surface Vehicle, obstacle Avoidance

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “ **Sistem Penghindar Halangan Dengan Metode Lidar Pada *Unmanned Surface Vehicle*** ” sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-satu di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis ingin berterima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian dari Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Tasripan, Ir., MT. Harris Pirngadi, Ir., MT. Dr. Astria Nur Irfansyah, ST., MT. Fajar Budiman, ST., MT yang telah meluangkan waktunya untuk menguji Tugas Akhir penulis.
3. Seluruh dosen bidang studi elektronika Departemen Teknik Elektro ITS.
4. Orang tua, yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan kasih sayang yang luar biasa kepada penulis.
5. Luthfi Halim, Muhammad Jauhar, Budi Faruqi, Harits Surya, Riza Pratama, Maulana Falithurrahman, Hamid Yusuf, yang telah banyak membantu serta mendukung penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Teman-teman tim robotika ITS yang telah banyak membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Teman-teman sekontrakan perintis 2 No. 24 keputih, yang telah membantu untuk memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari 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, Mei 2019

Muhammad Fikri

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

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
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	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
1.7. Relevansi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Unmanned Surface Vehicle (USV).....	7
2.2. Light Detection and Ranging (LIDAR).....	7
2.3. Sistem Navigasi	8
2.3.1 Global Positioning System (GPS).....	9
2.3.2 Kompas.....	9
2.3.3 Waypoint.....	10
2.4. Modul HC-05	11
2.5. Modul HC-12	12
2.6. Teensy 3.2.....	14
2.7. Motor Brushless.....	15
2.8. Electronic Speed Controller.....	15
2.9. Tinjauan Pustaka.....	16
2.9.1 Development of Mobile Robot Using LIDAR Technology Based on Arduino Controller	16
2.9.2 A Mapping Mobile Robot using RP Lidar Scanner	16
2.9.3 Mobile Robot Navigation Based on Lidar	17
BAB III PERANCANGAN SISTEM	18
3.1. Studi Literatur.....	21
3.2. Perancangan Mekanik	22

3.3. Perancangan Perangkat Keras	22
3.3.1 Buck Converter.....	23
3.3.2 LIDAR.....	24
3.3.3 GPS dan Kompas.....	27
3.3.4 Bluetooth	28
3.3.6 HC-12.....	29
3.3.7 Teensy 3.5.....	29
3.4. Perancangan Perangkat Lunak	29
3.5. Perancangan Sistem Pengendali Otomatis pada USV.....	32
3.6. Perancangan Sitem Penghindar Halangan.....	34
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	39
4.1. Pengujian Sensor LIDAR.....	39
4.1.1 Pengujian Pembacaan Jarak LIDAR Tiap Sudut Orientasi LIDAR.....	39
4.1.2 Pengujian Pembacaan Jarak LIDAR Pada Permukaan Air dan Permukaan Tanah	43
4.2. Pengujian GPS Ublox NEO-7N	44
4.3. Pengujian HMC5883L	46
4.4. Pengujian Kecepatan Kapal	48
4.5. Pengujian Navigasi Waypoint	49
4.5.1 Proses Kalkulasi Waypoint	50
4.5.2 Hasil Pengujian Waypoint	51
4.6. Pengujian Penghindar Halangan	52
4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem.....	54
4.7.1 Pengujian Pergerakan USV Mode Manual	54
4.7.2 Pengujian Pergerakan USV Mode Otomatis.....	54
BAB V.....	57
PENUTUP	57
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN A.....	61
LAMPIRAN B.....	85
LAMPIRAN C.....	87
BIODATA PENULIS.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh USV untuk monitoring [4]	7
Gambar 2. 2 Sistem kerja RPLIDAR A1	8
Gambar 2. 3 Blok diagram HMC5883L.....	10
Gambar 2. 4 Modul HC-05	11
Gambar 2. 5 Gambar fisik bentuk HC-12	12
Gambar 2. 6 Blok diagram teensy 3.2.....	14
Gambar 2. 7 Penampakan fisik motor brushless	15
Gambar 2. 8 Penampakan fisik ESC	15
Gambar 3. 1 Flowchart perancangan sistem USV	19
Gambar 3. 2 Blok diagram sistem Unmanned surface vehicle.....	20
Gambar 3. 3 Blok diagram sistem Unmanned surface vehicle.....	22
Gambar 3. 4 Perancangan posisi perangkat keras USV	23
Gambar 3. 5 Rangkaian power suplai dan Buck converter	23
Gambar 3. 6 Desain paralel suplai USC (a) desain tampak atas dan (b) desain tampak keseluruhan.....	24
Gambar 3. 7 Posisi motor dc.	25
Gambar 3. 8 Orientasi sudut LIDAR.	26
Gambar 3. 9 Perancangan elektronik (a) Perkabelan LIDAR dengan Teensy 3.2 dan (b) Sensor RPLIDAR A1	26
Gambar 3. 10 Perkabelan GPS dengan teensy 3.5.	27
Gambar 3. 11 Navigasi menggunakan GPS dan kompas.	28
Gambar 3. 12 Perkabelan bluetooth dengan teensy 3.5.....	29
Gambar 3. 13 Flowchart pengaksesan LIDAR.	31
Gambar 3. 14 Flowchart pengaksesan GPS.	32
Gambar 3. 15 Flowchart pengaksesan HMCL5883L.....	32
Gambar 3. 16 Blok diagram kontrol PID	33
Gambar 3. 17 Flowchart pernacangan PID	33
Gambar 3. 18 Pemindaian LIDAR pada sudut 90° sampai 270°	34
Gambar 3. 19 Perumusan untuk pembuatan wilayah deteksi halangan.	35
Gambar 3. 20 Wilayah pemindaian LIDAR.....	36
Gambar 3. 21 Pseudocode pembagian daerah deteksi halangan	37
Gambar 3. 22 Pemodelan masalah deteksi halangan.....	38
Gambar 4. 1 Realisasi prancangan desai kapal	39
Gambar 4. 2 (a) Pengujian jarak LIDAR pada intensitas 180 Lux (b) intensitas 1274 Lux (c) intensitas 20800 Lux.	40
Gambar 4. 3 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi pada intensitas cahaya 180 Lux.	41

Gambar 4. 4 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi pada intensitas cahaya 1274 Lux.....	42
Gambar 4. 5 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi pada intensitas cahaya 20800.	43
Gambar 4. 6 (a) Pengujian pembacaan LIDAR pada permukaan tanah (b) Permukaan air.	43
Gambar 4. 7 Lokasi pengujian GPS dilihat melalui Google Maps	46
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan pembacaan sudut kompas HMC5883L dengan kompas pada android.....	46
Gambar 4. 9 Pengujian data HMC5883L.	47
Gambar 4. 10 Skema percobaan kecepatan kapal.	48
Gambar 4. 11 Grafik kareteristik kecepatan kapal terhadap konstanta PWM.....	49
Gambar 4. 12 Titik tujuan USV pada sistem navigasi waypoint	49
Gambar 4. 13 lokasi pengujian sistem penghindar halangan.....	52
Gambar 4. 14 Skema arena perjalanan kapal.....	55
Gambar 4. 15 Skema hasil perjalanan kapal.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Fungsi masing-masing pin HC-12.....	13
Tabel 3. 1 Spesifikasi RPLIDAR A1.....	25
Tabel 3. 2 Pekabelan LIDAR dengan teensy 3.2.....	27
Tabel 3. 3 Perkabelan GPS Ublox Neo-7M dengan teensy 3.5.....	27
Tabel 3. 4 Perkabelan bluetooth HC-05 dengan teensy 3.5.....	28
Tabel 3. 5 Penggunaan pin pada teensy 3.5.....	30
Tabel 4. 1 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 180 lux.	40
Tabel 4. 2 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 1274 lux.	41
Tabel 4. 3 Hasil Pegujian jarak LIDAR tiap Sudut orientasi pada intensitas cahaya 20800 Lux.	42
Tabel 4. 4 Pengujian Pembacaan jarak LIDAR pada permukaan tanah dengan intensitas cahaya 1250 Lux.	44
Tabel 4. 5 Pengujian Pembacaan jarak LIDAR pada permukaan air dengan intensitas cahaya 1310 Lux.....	45
Tabel 4. 6 Data koordinat GPS pada gedung B402.....	45
Tabel 4. 7 Hasil pengujian perbandingan pembacaan kompas pada HMC5883L dengan kompas pada android.....	47
Tabel 4. 8 Hasil pengujian kecepatan kapal.	48
Tabel 4. 9 Nilai longitude dan lattitude tujuan USV.....	50
Tabel 4. 10 Hasil pengujian Waypoint.....	51
Tabel 4. 11 Hasil pengujian penghindar halangan di depan.....	53
Tabel 4. 12 Hasil pengujian penghindar halangan di kiri.....	53
Tabel 4. 13 Hasil pengujian penghindar halangandi kanan.....	54

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara Maritim atau Negara Kepulauan terbesar di dunia dengan total wilayah sebesar 8,300,000 km² dan 3,110,000 km² diantaranya atau $\frac{2}{3}$ wilayahnya adalah lautan [1]. Sehingga banyak pulau-pulau di Indonesia yang terpisah karena lautan. Lautan Indonesia memiliki batas sesuai hukum laut Internasional, yaitu dengan menggunakan teoretis laut sepanjang 12 mil serta Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) sepanjang 200 mil laut yang searah dengan penjuruan angin [2]. Hal ini harus mendapat perhatian khusus dari pemerintah untuk mengamankan kedaulatan Negara dalam hal ini yang berperan penting yakni TNI AL. Alat Utama Sistem Senjata (ALUSISTA) menjadi kunci utama penjaga keamanan negara, sehingga diperlukan kapal patroli sebagai kapal pengintai yang dapat menjaga kedaulatan wilayah laut Indonesia yang akhir-akhir ini sedang ramai dibicarakan, mulai dari pembajakan kapal di wilayah perbatasan, penyelundupan barang ilegal, hingga ilegal fishing oleh negara lain.

Sementara, masalah yang dihadapi oleh TNI AL adalah jumlah kapal patroli, jumlah personel, dan dana yang dimiliki. Di zaman yang semakin berkembang ini tugas manusia semakin terbantu dengan hadirnya teknologi berupa robot. Teknologi ini sudah mulai masuk pada dunia transportasi laut yang salah satunya adalah kapal tanpa awak. Dengan adanya teknologi robot kapal tanpa awak yang biasa disebut USV (*Unmanned Surface Vehicle*), maka kapal tersebut diharapkan dapat mengganti tugas manusia dalam melakukan tugasnya yang berarti dapat mengurangi jumlah personel sehingga kebutuhan dana dapat dialihkan untuk menambah jumlah armada kapal patroli USV.

Pada tugas akhir ini dikembangkan robot USV yang dapat dikendalikan secara manual dan otomatis. Pengendali otomatis dapat bekerja berdasarkan letak titik-titik koordinat yang sudah ditentukan. Dalam pengendali otomatis USV juga dilengkapi sistem penghindar halangan. Sistem penghindar halangan merupakan salah satu perilaku yang membawa USV bergerak bebas tanpa tabrakan [3]. Banyak sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi jarak sebuah halangan seperti *infrared*, ultrasonik bahkan kamera. Masing-masing sensor tersebut

memiliki keunggulan dan keterbatasan, misalnya pada sensor ultrasonik akan ada *blanking interval* serta ketidakpastian sudut.

Akibat adanya kekurangan pada setiap sensor, maka dibutuhkan perangkat tambahan untuk melengkapi sistem penghindar halangan pada USV. *Light Detection and Ranging* (LIDAR) adalah sebuah teknologi sensor jarak jauh yang menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu objek dari target yang dituju. Teknologi ini dapat ditambahkan pada sistem penghindar halangan di USV, dikarenakan LIDAR memiliki beberapa kelebihan, seperti tingkat presisi yang akurat dengan jarak deteksi yang luas dan dapat menggunakan berbagai sudut. Fokus dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem penghindar halangan pada USV dengan menggunakan LIDAR.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini dapat dirumuskan dalam point-point berikut:

1. Cara pendeteksi penghalang di sekitar USV.
2. Pengaturan pergerakan USV untuk menghindari halangan.
3. Perancangan sistem navigasi untuk menentukan lokasi yang diinginkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut:

1. Pendeteksi halangan menggunakan metode LIDAR.
2. Mengatur pergerakan USV untuk menghindari halangan dengan membuat wilayah deteksi disekitar USV
3. Sistem navigasi menggunakan metode waypoint untuk menentukan lokasi yang dituju.

1.4. Batasan Masalah

1. Tidak adanya hujan atau badai pada saat kapal sedang beroperasi sesuai lokasi dan waktu yang ditentukan.
2. Halangan tidak bergerak.
3. Tidak adanya arus dan gelombang air yang besar.
4. USV dapat mendeteksi halangan dengan intensitas cahaya dibawah 2000 lux.

5. Ukuran halangan yang dapat dideteksi 50 centimeter diatas permukaan air.
6. Pengujian USV dilakukan didanau 8 ITS.

1.5. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur LIDAR dan Navigasi Waypoint

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi literatur yang dilakukan diantaranya:

- LIDAR
Perlu untuk diketahui metode LIDAR untuk menentukan hambatan yang ada disekitar USV.
- Navigasi waypoint
Perlu untuk diketahui metode waypoint untuk menentukan lokasi yang diinginkan.

2. Perancangan Mekanik Kapal

Pada tahap pembuatan mekanik kapal bahan yang digunakan yaitu fiber. Pada tahap ini pertama yaitu pembuatan desain kapal, desain kapal yang dipilih jenis catamaran. Kapal jenis ini merupakan kapal yang memiliki dua lambung sehingga kapal lebih bisa bergerak stabil.

3. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap ini, perancangan berupa sistem elektronik dari USV seperti LIDAR, GPS, compas, bluetooth sehingga menjadi sebuah kesatuan sistem elektronik yang terintegrasi.

4. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap ini, perancangan berupa *source code* yang meliputi pembacaan sensor LIDAR, pembacaan data GPS, dan pembacaan sensor HMC5883L.

5. Perancangan Sistem Penghindar Halangan

Pada tahap ini, perancangan berupa pembuatan wilayah penghindar pada USV yang selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam pengaturan posisi dan pergerakan USV. Sehingga USV dapat melakukan fungsi menghindari halangan.

6. Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian perangkat lunak dan pengujian perangkat keras. Bagian-bagian tersebut meliputi pengujian pembacaan sensor LIDAR, sensor GPS, Sensor HMC5883L dan akan dilakukan pengujian terhadap sistem penghindar halangan berupa wilayah penghindar USV. Kemudian dilakukan pengujian keseluruhan sistem alat sesuai dengan daerah atau arena yang sudah ditentukan.

7. Analisa dan Evaluasi

Analisa dilakukan dengan mengolah dan mempelajari setiap data dari hasil pengujian serta membandingkan dengan literatur untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Apabila didapatkan data yang tidak sesuai dengan harapan atau perbedaan dengan literatur maka akan dilakukan evaluasi dari sistem tersebut untuk dilakukan perancangan dan pengujian kembali.

8. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Untuk mendapatkan hasil penulisan laporan tugas akhir yang sesuai dengan kondisi asli atau pada kondisi riil, maka penulisan laporan tugas akhir dilakukan mulai minggu pertama pembuatan tugas akhir.

9. POMITS Paper

Penyusunan jurnal Pomits dilakukan setelah pengerjaan tugas akhir selesai.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang dibuat terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB I : Pendahuluan**
Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- **BAB II : Tinjauan Pustaka**
Pada bab ini berisi mengenai teori yang mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum khususnya yang berhubungan komponen yang akan digunakan.
- **BAB III : Perancangan Sistem**
Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem yang meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dan sistem penghindar halangan untuk pembuatan alat ini.

- **BAB IV : Pengujian dan Analisis**

Pada bab ini menguraikan tentang pengujian alat pada USV dan analisa hasil pengujian.

- **BAB V : Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan alat serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Sistem penghindar halangan pada USV ini merupakan hal yang penting untuk menjauhkan USV dari benturan terhadap objek yang ada disekitarnya, tidak menutup kemungkinan sistem penghindar halangan dengan metode LIDAR dapat digunakan secara luas.

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Unmanned Surface Vehicle (USV)*

Unmanned Surface Vehicle merupakan wahana tanpa awak yang dapat dioperasikan diatas permukaan air. USV dikendalikan secara otomatis dengan memberikan perintah-perintah seperti *waypoint*, melalui *Ground Control Station (GCS)* [4]. USV dapat mengirimkan data-data GCS secara realtime melalui telemetri. USV biasanya digunakan selain untuk kapal riset juga dapat digunakan sebagai kapal survai, inspeksi keadaan perbatasan laut dan juga bisa digunakan sebagai alat operasi penyelamatan.

Pada penelitian ini USV bisa dikendalikan dalam dua mode. Mode pertama yaitu pengendali manual ini digunakan ketika USV terjadi masalah atau error dalam sistem. Selanjutnya mode otomatis, disini USV dapat bergerak secara otomatis dengan dibantu navigasi *waypoint* dan juga USV dapat bergerak menghindari halangan yang ada di jalur *waypoint*. Penghindar halangan pada sistem USV dibantu oleh sensor LIDAR. Sehingga USV dapat bergerak tanpa ada benturan terhadap halngan yang ada disekitarnya.



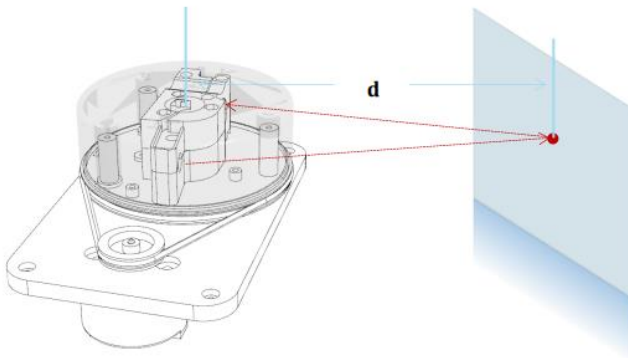
Gambar 2. 1 Contoh USV untuk monitoring [4]

2.2. *Light Detection and Ranging (LIDAR)*

LIDAR (*Light detection and ranging*) adalah sebuah teknologi sensor jarak jauh menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu objek dari target yang dituju. Metode untuk menentukan jarak suatu objek adalah dengan menggunakan pulsa laser. Prinsip kerja sensor LIDAR adalah, sensor

memancarkan cahaya sinar laser terhadap objek kemudian dipantulkan kembali terhadap sensor, sinar yang dipantulkan kemudian ditangkap dan di analisis oleh *detector*. Perubahan komposisi cahaya yang diterima dari sebuah target ditetapkan sebagai objek.

Pada penelitian ini menggunakan LIDAR dari produsen RPLIDAR dengan tipe A1. RPLIDAR A1 merupakan LIDAR dengan pergerakan motor, sehingga dapat berputar dan melakukan pemindaian 360°. RPLIDAR A1 memiliki tegangan kerja sebesar 5V dan memiliki jarak maksimal 12 meter pada keadaan tanpa ada cahaya matahari. RPLIDAR A1 melakukan komunikasi antar muka dengan menggunakan *serial port*/USB



Gambar 2. 2 Sistem kerja RPLIDAR A1

2.3. Sistem Navigasi

Navigasi merupakan ilmu pengetahuan dalam menentukan posisi kapal di laut dengan mengemudikan (*steering*) kapal secara aman dari suatu tempat ke tempat lain. Sistem navigasi biasanya terdiri dari beberapa perangkat digital maupun analog, untuk yang analog biasanya dilengkapi dengan kompas analog yang dapat mengetahui arah mata angin yang berguna sebagai acuan arah kapal, untuk perangkat digital sudah terdapat GPS atau *Global Positioning System* yaitu sebuah perangkat yang dapat menerima lokasi keberadaan kapal dengan mengacu pada satelit yang bergerak mengitari bumi. GPS menerima data yang dikirim dari satelit berupa

data NMEA 0183. NMEA (*National Marine Electronics Association*) adalah standar yang digunakan dalam pengiriman data GPS yang berupa protokol data, garis lintang, garis bujur, ketinggian, dan waktu. GPS dan kompas terintegrasi satu sama lain untuk menunjang navigasi pada kapal yang memungkinkan kapal untuk bergerak secara otomatis.

2.3.1 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah konstelasi satelit yang mengorbit bumi dimana alat ini akan mengirimkan informasi berupa waktu dan posisi berupa lintang, bujur dan ketinggian. Dengan GPS *receiver* pengguna dapat menentukan lokasi mereka di bumi. Sistem GPS terdiri dari 24 satelit yang mengorbit bumi. Ketinggian satelit ini sekitar 12.000 mil diatas bumi. Selain itu terdapat 5 *ground station* yang berguna untuk memantau dan mengelola konstelasi satelit. Satelit ini dapat diakses 24 jam untuk menentukan tempat dua dan tiga dimensi di bumi [5].

Sistem navigasi satelit GPS dimulai pada tahun 1970 oleh militer Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk menyediakan data posisi dan navigasi yang berkelanjutan kepada pasukan militer Amerika Serikat. GPS menawarkan dua tingkat layanan yaitu *Standart Positioning Service* (SPS) yang dapat diakses oleh warga sipil dan *Precise Positioning Service* (PPS) yang digunakan untuk militer dengan tingkat enkripsi yang lebih tinggi. Dasar dari teknologi GPS berkisar tentang informasi waktu dan posisi yang tepat, yang dicapai melalui *atomic clock* dan data lokasi [5].

Pada dasarnya satelit mengirimkan waktu dan posisi mereka. GPS receiver menerima sinyal ini, menerima tiga atau lebih satelit (juga disebut pelacak) untuk menentukan posisi pengguna di bumi. Prinsip kerja GPS yaitu mengukur interval waktu mengirim dan menerima sinyal satelit, dan menghitung jarak antara pengguna dan setiap satelit [5].

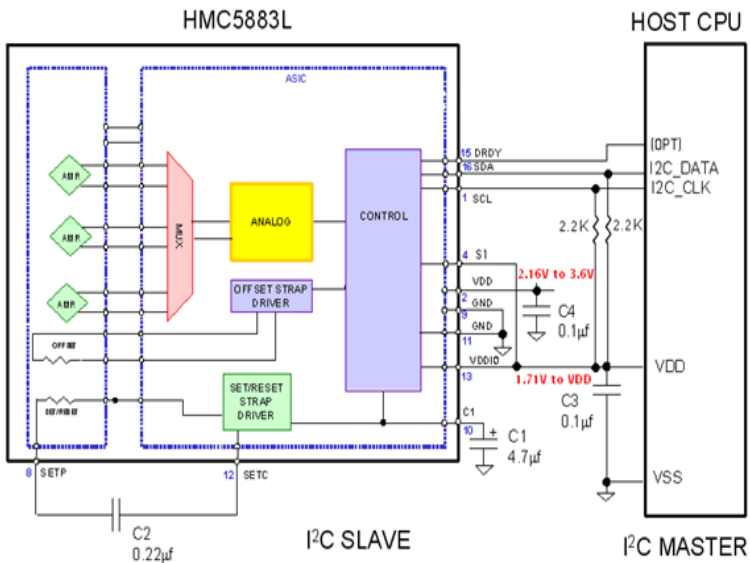
2.3.2 Kompas

Kompas merupakan salah satu alat yang digunakan pada sistem navigasi, kompas bertujuan untuk menentukan suatu arah berdasarkan posisi kutub bumi [6]. Pada umumnya kompas memberikan ukuran derajat lingkaran searah jarum jam, utara 0°, timur 90°, selatan 180°, dan barat 270°. Dalam sistem navigasi USV menggunakan modul kompas HMC 58331, axis kompas yang digunakan hanya yaw, dikarenakan yaw berfungsi sebagai arah pada

kapal atau yang biasa disebut heading [7]. Berdasarkan datasheet, kompas tersebut memiliki 3 axis yang bisa digunakan untuk pitch, yaw, dan roll.

Spesifikasi HMC5883L adalah sebagai berikut :

1. Memerlukan catu daya 2,7-6,5 VDC dengan komsumsi arus rendah (hingga 100 μ A)
2. Memiliki sensor magnet dengan jenis magnetoresistif 3 sumbu
3. Memiliki jangkauan pembacaan medan magnet sampai ± 8 Gauss dengan resolusi 5 miligauss
4. Memiliki akurasi kompas hingga 1° sampai 2°
5. Kecepatan keluaran maksimal data 0,75 Hz s.d 75 Hz (*Countinuous Measurement Mode*)
6. Kecepatan keluaran maksimal data 160 Hz (*Single Measurement Mode*)



Gambar 2. 3 Blok diagram HMC5883L

2.3.3 Waypoint

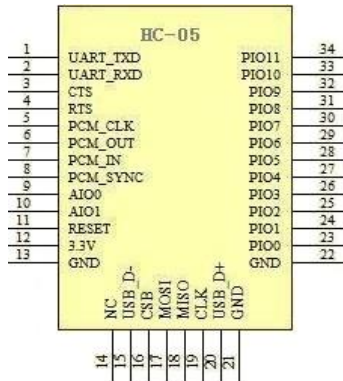
Waypoint merupakan suatu sistem navigasi yang memungkinkan suatu kendaraan dapat bergerak secara otomatis

menuju lokasi-lokasi yang telah ditentukan [8]. 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.

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.

2.4. Modul HC-05

HC-05 adalah sebuah modul *bluetooth* SPP (*Serial Port Protocol*) yang mudah digunakan untuk komunikasi serial *wireless* yang mengonversi port serial ke *bluetooth*. Perangkat *bluetooth* ini dalam pita frekuensi 2,4 Ghz *unlicensed ISM (Industrial, Scientific on Medical)* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data secara *real-time* antara *host-host bluetooth* dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas (sekitar 10 meter). *Bluetooth* menggunakan sistem *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)* yang mempunyai kecepatan maksimum 1Mbps. Pada Tugas Akhir ini komunikasi yang dilakukan yaitu antara *Bluetooth* yang sudah tersedia pada *device android* dengan modul *bluetooth* HC-05 yang terhubung pada mikontroler. *Bluetooth* digunakan ketika USV terjadi masalah pada sistem otomatis.



Gambar 2. 4 Modul HC-05

2.5. Modul HC-12

Modul HC-12 adalah modul generasi terbaru yang memiliki *multi-channel* jalur transmisi data. HC-12 bekerja pada pita frekuensi 433,4 sampai 473,0 MHz, dan beberapa *channel* dapat diatur dengan loncatan 400 KHz dari total 100 *channel*. Daya transmisi maksimum untuk modul ini adalah 100 mW (20 dBm), sensitivitas penerimaan adalah -117 dBm pada tingkat 5000 bps di udara. Modul ini mampu menempuh jarak 1000 meter (FU3 *mode* dengan kecepatan serial 4800 bps) diruang terbuka 1800 meter dengan FU4 *mode*.



Gambar 2. 5 Gambar fisik bentuk HC-12

Spesifikasi dari modul HC-12 adalah sebagai berikut:

1. Bekerja pada sumber tegangan 3,2 V- 5,5 V dengan kapasitas beban tidak kurang dari 200mA.
2. Transmisi jarak jauh (FU3: 1000 meter diruang terbuka, dengan kecepatan 5000 bps dan FU4 :1800 meter diruang terbuka dengan kecepatan 500 bps di udara).
3. Rentang frekuensi kerja antara 433,4-473,0 MHz dengan 100 *channel* komunikasi.
4. Maksimum daya pengiriman adalah 100 mW (20dBm) dengan 8 tingkat daya dapat diatur.
5. Built-in MCU untuk melakukan komunikasi dengan perangkat eksternal melalui port serial, tidak memerlukan program dan konfigurasi untuk penggunaan dasar.

Module HC-12 memiliki 9 pin dan satu *socket* antena RF (ANT1), penjelasan dari masing-masing pin ditunjukkan pada tabel

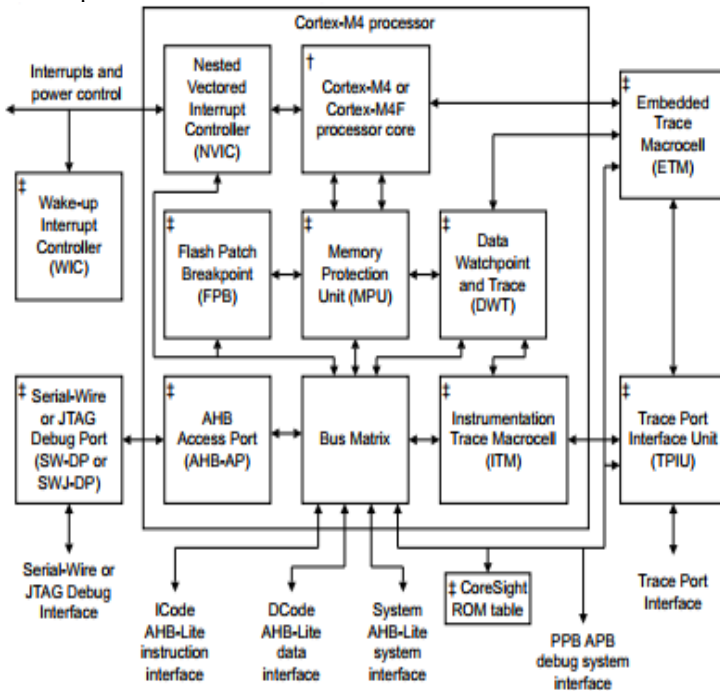
Tabel 2. 1 Fungsi masing-masing pin HC-12

Pin	Definisi	Arah I/O	Keterangan
1	VCC		Masukan power suplai DC 3,2 V-5,5V dengan kapasitas beban tidak kurang dari 200 mA. Catatan: Jika modul bekerja pada transmisi untuk jangka panjang disarankan agar dioda 1N4007 dihubungkan secara seri jika tegangan suplai lebih besar dari 4,5V, sehingga untuk menghindari overhating regulator LDO.
2	GND		<i>Command Ground</i>
3	RxD	<i>Input (weak pullup)</i>	<i>Output</i> data UART, Level TTL. 1k resistor dihubungkan secara seri dengan modul.
4	TxD	<i>Output</i>	<i>Output</i> data UART, level TTL. 1 k resistor dihubungkan secara seri dengan modul.
5	SET	<i>Input (10k pullup)</i>	Parameter kontrol pengaturan pin, aktif <i>low</i> . 1k resistor dihubungkan secara seri dengan modul.
6	ANT	<i>Input/Output</i>	Pin 433MHz antena
7	GND		<i>Command Ground</i>
8	GND		<i>Command Ground</i>
9	NC		No <i>Connection</i> , digunakan untuk memperbaiki sistem mekanik, yang kompatibel dengan posisi pin modul HC-11

Pin	Definisi	Arah	Keterangan
ANT1	ANT	<i>Input/Output</i>	IPEX20279-001E-03 socket antenna.
ANT2	ANT	<i>Input/Output</i>	433MHz Spring lubang antena.

2.6. Teensy 3.2

Teensy 3.2 merupakan mikrokontroler dengan *processor* MK20DX256VLH7 Cortex-M4 , *rated speed* 72 MHz dan *overclockable* 96 MHz, *flash memory* 256 kbytes, *bandwidth* 192 Mbytes/sec, *cache* 256 bytes, RAM 64 kbytes, EEPROM 2048 bytes, DMA 16 *channels*, Digital I/O 34 Pins, *Breadboard I/O* 24 Pins, *Voltage Output* 3.3V, *Current Output* 10mA, *Voltage Input* 5V *Tolerant*, *Interrupts* 34 Pins, *Analog Input* 21 Pins [9-10], *Converters* 2, *Usable Resolution* 13 bits, *Prog Gain Amp* 2, *Touch Sensing* 12 Pins, *Comparators* 3, *Analog Output* 1 Pins, *DAC Resolution* 12 bits, *Timer* 12 Pins, PWM 16 bit 3 Pins, Total PWM Output 12 Pins, PDB tipe 1, CMT tipe 1, LPTMR tipe 1, PIT/Interval 4, *Systick* 1, RTC 1, USB 1, Serial 3, *with FIFOs* 2, *High Res Baud* 3, SPI 1, *with FIFOs* 1, I2C 2, CAN Bus 1, *Digital Audio* 2. Blok diagram Teensy 3.2 dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 6 Blok diagram teensy 3.2

2.7. *Motor Brushless*

Motor brushless adalah jenis motor yang memiliki konstruksi magnet permanen dan sebuah stator berkutub yang dililit kawat. Energi listrik diubah menjadi energi mekanik oleh pengaruh daya tarik menarik antara kekuatan magnet permanen dengan stator berkutub yang dililit kawat tembaga . Contoh gambar motor brushless ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Penampakan fisik motor brushless

2.8. *Electronic Speed Controller*

Motor brushless memiliki sebuah electronic speed controller (ESC) yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor, selain itu juga berfungsi untuk menaikkan-turunkan jumlah arus yang diperlukan oleh motor. Kecepatan untuk motor yang keluar dari ESC diatur melalui pulsa dari mikrokontroler atau receiver yang dikirim dari ground control station . Contoh gambar ESC ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 2. 8 Penampakan fisik ESC

2.9. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka memiliki tujuan sebagai pembanding antara penelitian yang telah ada dengan penelitian tugas akhir ini. Berikut merupakan judul penelitian yang digunakan sebagai pembanding.

2.9.1 Development of Mobile Robot Using LIDAR Technology Based on Arduino Controller [11]

Pada penelitian ini LIDAR dipergunakan untuk membangun visualisasi dari peta dua dimensi yang berasal dari data LIDAR dengan menggunakan mikrokontroler Arduino. Untuk penggunaan dalam ruangan, pada proses pengerjaannya, metodologi *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) digunakan sebagai model perangkat lunak berbasis grafik dikembangkan menggunakan teknologi LIDAR, yang memungkinkan kontrol langsung dan otomatis dari *mobile robot* secara *real-time*. Pada penelitian ini Arduino Due digunakan sebagai mikrokontroler karena dinilai lebih cepat dibanding mikrokontroler lain. Tidak hanya LIDAR, tetapi juga digunakan beberapa sensor lain seperti *encoder*, dan *gyroscope* pada penelitian ini untuk membuat sebuah gambaran dari pemetaan yang dilakukan LIDAR. Beberapa perangkat lunak digunakan pada penelitian ini, yaitu JavaSwing yang digunakan untuk membuat antarmuka dari perangkat, IntelliJ IDEA dan Arduino. Dalam pengembangan perangkat lunak pada penelitian ini memiliki empat macam perintah atau *command*. *Command* pertama adalah LIDAR *data transfer*, dimana data tersebut merupakan data jarak dan sudut yang digunakan untuk membangun gambaran pemetaan. Kedua adalah transfer data dari *gyroscope*, yang mengubah data sudut menjadi arah gerak robot. ketiga adalah kode transmisi dari jarak pergerakan robot, untuk memperbarui status jarak pergerakan dari robot, dan keempat adalah keseluruhan kode untuk pengoperasian. setelah menerima data dari LIDAR, gambaran peta terbentuk. Gambaran peta digunakan untuk menemukan jalur dan untuk mengetahui posisi dari robot. Pergerakan dari robot diberikan dengan memberikan titik pada peta yang telah terbentuk.

2.9.2 A Mapping Mobile Robot using RP Lidar Scanner [12]

Pada penelitian ini LIDAR dipergunakan sebagai sensor yang berfungsi untuk melakukan pemetaan dan diimplementasikan untuk *mobile robot* otonom pada kondisi di dalam ruangan. Pemetaan

pertama menggunakan program bawaan dari LIDAR, setelah itu diberikanlah titik-titik pada peta. *Mobile robot* diprogram untuk melaju mengikhti titik-titik dengan jarak masing-masing titik 1 meter. Pada setiap titik, *mobile robot* melakukan pemetaan, dengan mengambil 30 sampel peta untuk setiap titik. Data pemetaan yang telah didapat, disimpan dalam file Microsoft Excel. Data yang telah terkumpul, digabungkan menjadi sebuah peta. Kemudian diolah menggunakan tiga metode *pre-processing*, yaitu *raw filter*, *moving average*, dan kombinasi dari *raw filter* dengan *moving average*. *Raw filter* digunakan untuk menghapus data *invalid*. Setelah *raw filter*, metode selanjutnya menggunakan *smooth filter* dengan *moving average* untuk koreksi kecil. Hasil yang diperoleh, kombinasi dari *raw filter* dan *moving average* menghasilkan hasil yang paling baik dengan tingkat keberhasilan lebih dari 90%.

2.9.3 Mobile Robot Navigation Based on Lidar [13]

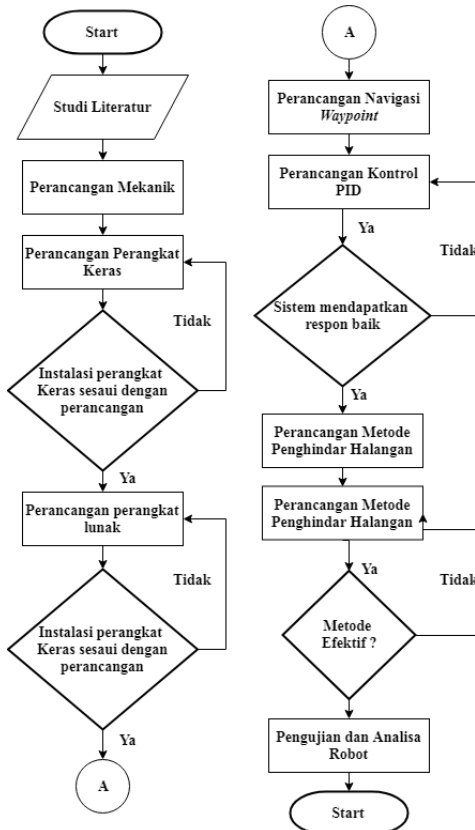
Pada penelitian ini bertujuan untuk mewujudkan navigasi robot otomatis didalam ruangan yaitu, untuk menempatkan robot dilingkungan yang tidak dikenal, kemudian memindai ruangan lingkungan dengan menggunakan LIDAR, membangun peta ruangan, dan menerapkan sistem navigasi penentu posisi.

LIDAR dipergunakan untuk melakukan pengambilan data ruangan berupa pemetaan yang diolah menggunakan komputer. Kemudian data hasil pengolahan dari komputer dikirimkan kepada Arduino Uno. Arduino berfungsi sebagai pengatur *motor driver* dengan komunikasi I2C. Tahap pertama pengoperasian *mobile robot* adalah membuat peta ruangan. Kemudian posisi awal atau posisi start *mobile robot* ditentukan. Pada tahap kedua merupakan navigasi, dimana robot mengikuti titik-titik yang diletakkan pada lingkungan percobaan, dan melakukan pemetaan. Pemetaan bertujuan untuk navigasi *mobile robot* secara otonom. Hasil dari penelitian ini adalah membandingkan dua metode pemetaan, yaitu *Gmapping SLAM* dan *Hector SLAM*, dimana *Gmapping* membutuhkan informasi dari odometer *mobile robot*. Penggunaan *Hector SLAM* tidak membutuhkan odometri, tetapi membutuhkan pemindaian laser dengan frekuensi tinggi.

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

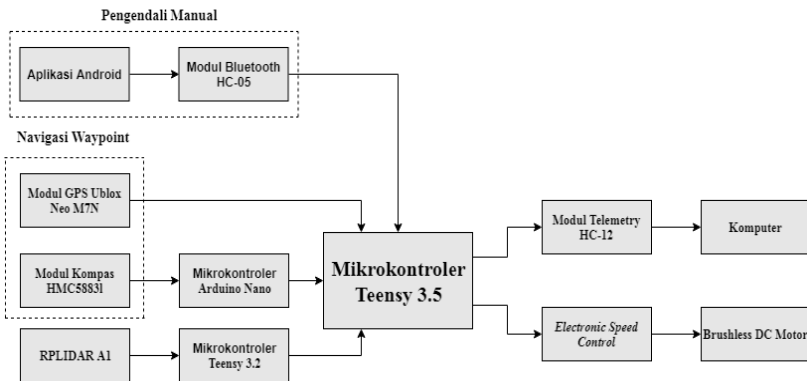
BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini dijelaskan perancangan sistem secara keseluruhan pada USV. Pada proses perancangan terdiri dari beberapa bagian yaitu studi literatur, perancangan mekanik USV, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, perancangan sistem penghindar halangan, dan perancangan sistem kontrol PID. *Flowchart* perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Flowchart perancangan sistem USV

Perancangan perangkat keras pada USV dilakukan terlebih dahulu dikarenakan perhitungan-perhitungan pada perancangan pada perangkat lunak akan mengacu pada perancangan perangkat keras. Perancangan perangkat keras meliputi peletakan posisi elektrik pada USV dan perkabelan elektrik. Perancangan perangkat lunak berupa pengaksesan dan pengolahan data sensor, kemudian dilakukan perumusan kontrol PID untuk diterapkan pada navigasi USV. Untuk blok diagram sistem USV dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Blok diagram sistem Unmanned surface vehicle

Perangkat keras pada sistem USV terdiri dari:

- LIDAR dan Teensy 3.2
LIDAR yang digunakan produsen dari RPLIDAR tipe A1. LIDAR digunakan untuk proses pembacaan jarak terhadap halangan yang ada disekitar USV dan kemudian data tersebut akan diproses pada teensy 3.2 untuk mendapatkan metode sistem penghindar halangan.
- GPS dan kompas
GPS sebagai *receiver* dan kompas digunakan sebagai sistem navigasi pada USV, untuk membaca posisi dan menentukan arah posisi kapal.
- Modul *Bluetooth* HC-05
Sensor ini merupakan bluetooth, fungsi dari sensor ini sebagai pemilih mode manual atau mode otomatis dan dapat berfungsi sebagai pengendali gerakan arah kapal pada mode manual

- Modul Telemetry HC-12
Sensor ini digunakan untuk mengirim data dari USV menuju komputer dengan memanfaatkan komunikasi serial pada arduino.
- *Elektronik Speed Control (ESC)* dan *Brushless DC Motor*
ESC dan motor digunakan sebagai sistem penggerak USV. ESC digunakan untuk mengatur putaran motor sesuai arus yang dibutuhkan oleh motor.
- Teensy 3.5
Digunakan untuk menghitung dan mengolah semua data yang terdapat pada USV.

Sedangkan perangkat lunak dari USV secara umum adalah:

- Perangkat lunak pada mikokontroler
Pada mikontroler, perangkat lunak yang dirancang berfungsi untuk pengaksesan tiap-tiap sensor dan akuisisi data pada tiap sensor.

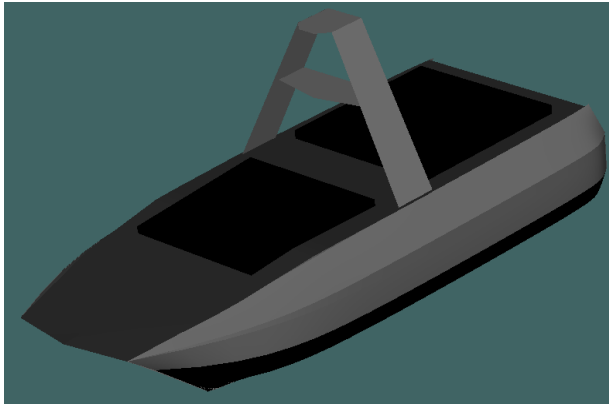
Berdasarkan gambar 3.2 USV memiliki dua mode pengendali yakni mode manual dan mode otomatis. Mode manual yakni menjalankan kapal sesuai perintah dari *software* android (remot kontrol), data yang dikirimkan dari *software* android menuju USV yang diterima oleh modul *bluetooth* HC-05 berupa data arah gerak kapal. Mode otomatis yaitu kapal akan bergerak secara otomatis menuju titik-titik lokasi yang sudah ditentukan dengan menggunakan navigasi *waypoint* sambil menghindari dari halangan yang ada di sekitar jalan menuju posisi yang sudah ditentukan. Pergerakan kapal dikontrol menggunakan kontrol PID yang diambil dari perubahan sudut kapal terhadap sudut kompas.

3.1. Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mencari, mengumpulkan dan mempelajari dasar-dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dimulai dengan bagaimana mengakses dan mengolah data LIDAR, kompas, GPS, *bluetooth*, dan telemetri HC-12, hingga bagaimana cara menerapkan pada sistem kontrol PID, dan yang terakhir yaitu menerapkan sistem penghindar halangan pada USV.

3.2. Perancangan Mekanik

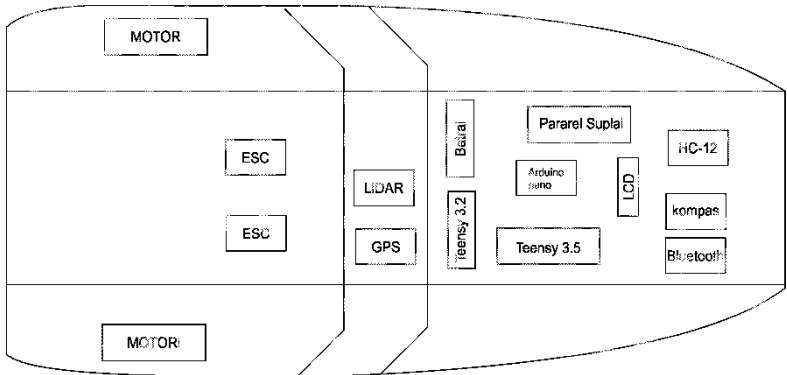
Desain kapal yang digunakan adalah jenis kapal katamaran. Karena jenis ini lebih stabil dengan adanya dua buah lambung kapal. Dalam desain awal USV rangka yang akan digunakan berukuran panjang 6,9 m, tinggi 1 m, dan lebar 3,5 m. Pada bagian lambung kapal pembuatan dengan menggunakan bahan dari fiber yang dilapisi cairan kimia resin sehingga akan tahan air dan bangunan atas menggunakan bahan Pvc foam. Desain kapal yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Desain kapal yang telah dibuat oleh Muh Hisyam Khoirudin sesuai tugas akhirnya ditahun 2019. Namun ada beberapa perubahan dari model kapal ini yakni perubahan sistem penggerak kapal dan juga bangunan atas kapal.



Gambar 3. 3 Desain 3D Unmanned Surface Vehicle

3.3. Perancangan Perangkat Keras

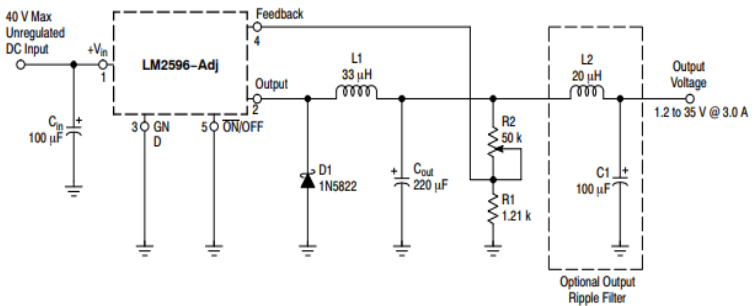
Perancangan keras pada Unmanned Surface Vehicle meliputi komponen *buck converter*, LIDAR, GPS, kompas, *bluetooth*, telemetri HC-12, Teensy 3.5. Perancangan perangkat pada USV dapat dilihat pada Gambar 3.4.



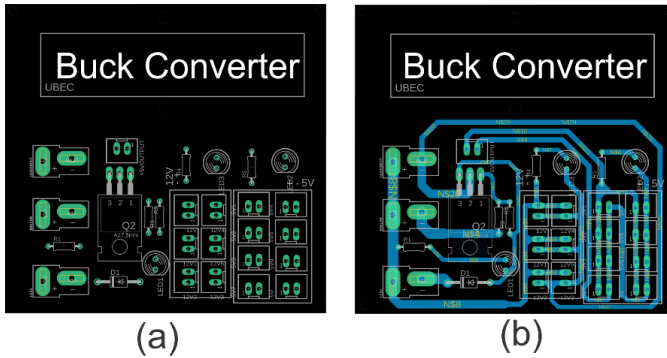
Gambar 3. 4 Perancangan posisi perangkat keras USV

3.3.1 Buck Converter

Buck converter merupakan komponen yang berkerja untuk menurunkan tegangan yang bersumber batrai Lipo sebesar 12 volt menjadi tegangan 5 volt. Keluaran 5 volt yang dihasilkan oleh buck converter merupakan sumber tegangan yang digunakan untuk rangkaian elektronik pada USV yaitu LIDAR, GPS, LCD, HC-12, HC-05 serta mikontroler teensy 3.2, teensy 3.5 dan arduino nano. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 Rangkaian buck converter dan pada Gambar 3.6 dapat dilihat desain board power suplai dari USV yang di buat dengan *software eagle*.



Gambar 3. 5 Rangkaian power suplai dan Buck converter



Gambar 3. 6 Desain paralel suplai USC (a) desain tampak atas dan (b) desain tampak keseluruhan

3.3.2 LIDAR

LIDAR merupakan teknologi optik pemindai jarak yang digunakan untuk mengetahui jarak halangan yang berada disekitar *Unmanned Surface Vehicle*. Pada penelitian ini menggunakan LIDAR dari produsen RPLIDAR dengan tipe A1 dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.1. RPLIDAR A1 merupakan LIDAR yang diperuntukan penggunaan dalam ruangan, namun RPLIDAR bisa digunakan diluar ruangan dengan syarat terhindar dari sinar matahari. RPLIDAR A1 dilengkapi dengan motor dc yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Motor dc digunakan sebagai pemutar LIDAR, sehingga LIDAR dapat melakukan pemindaian sebesar 360°. Hasil dari pemindaian berupa data sudut dan jarak. Kecepatan motor bisa dirubah melalui perubahan terhadap PWM motor, semakin besar PWM dikasih maka data yang ditangkap akan semakin sedikit, semakin kecil PWM dikasi maka data yang ditangkap akan semakin banyak.

Orientasi sudut pada LIDAR ditunjukkan pada gambar 3.8. RPLIDAR A1 memiliki *zero position* untuk sudut berada di belakang motor. *Zero position* merupakan posisi dimana LIDAR menentukan sudut 0° dan mulai melakukan pemindaian (starbit = 1) dengan searah jarum jam. RPLIDAR dapat melakukan pemindaian dengan jarak 0,15-12 meter.

RPLIDAR A1 akan memancarkan pulsa laser dengan panjang gelombang tipikal pada 785nm. Pulsa laser yang dipancarkan tersebut akan dipantulkan kembali oleh objek, dan pantulan tersebut

selanjutnya akan diterima *receiver* LIDAR. Penentuan jarak objek adalah menghitung perbedaan waktu saat cahaya dipancarkan hingga diterima kembali oleh *receiver*. Data keluaran dari RPLIDAR A1 berupa arak dan sudut.

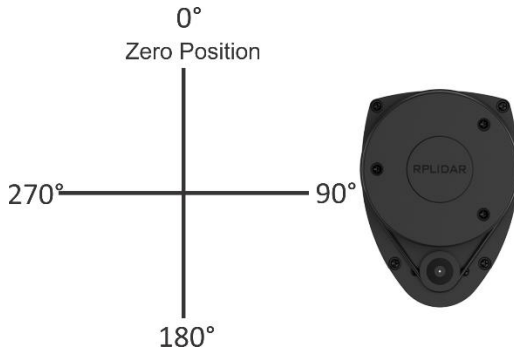
Tabel 3. 1 Spesifikasi RPLIDAR A1.

Spesifikasi	Nilai
Jarak Jangkau	0,15-12 m
Jangkauan Sudut	0~360°
Tegangan kerja	5 V
Resolusi sudut	<0,5 mm, untuk range <1.5 m
	< 1% dari jarak, untuk range >2m
Resolusi jarak	1°

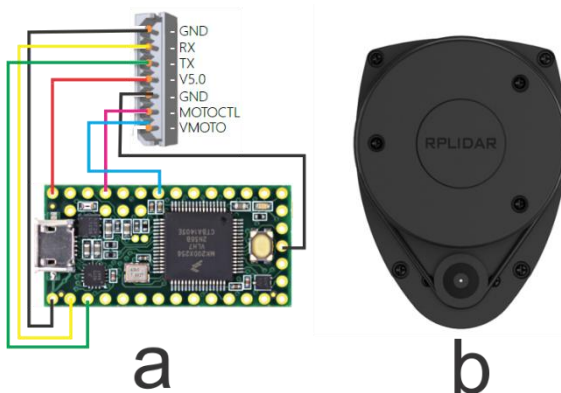


Gambar 3. 7 Posisi motor dc.

Pengkabelan LIDAR menggunakan komunikasi serial UART, yaitu dengan menghubungkan pin Tx dan Rx pada LIDAR dengan pin serial 1 pada teensy 3.2 untuk tegangan suplai, modul ini bekerja dengan tegangan 5V. diagram pengkabelan lidar dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 8 Orientasi sudut LIDAR.



Gambar 3. 9 Perancangan elektronik (a) Perkabelan LIDAR dengan Teensy 3.2 dan (b) Sensor RPLIDAR A1.

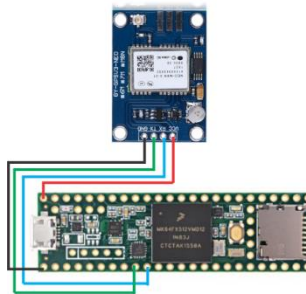
Pada gambar di atas garis warna hitam yaitu GND LIDAR tersambung ke pin GND teensy 3.2, garis warna kuning yaitu pin Rx LIDAR tersambung dengan pin Tx1 teensy 3.2, garis warna hijau yaitu pin Tx LIDAR akan tersambung ke Pin Rx1 teensy 3.2, pin 5V LIDAR dan pin MOTOCTL akan tersambung ke pin 5V teensy 3.2 dan pin VMOTO pada Lidar akan tersambung ke pin 2 teensy 3.2 yaitu pin PWM.

Tabel 3. 2 Pekabelan LIDAR dengan teensy 3.2.

No	Warna	LIDAR	Teensy 3.2
1	Hitam	Ground	Ground
2	Kuning	Rx	Pin 0 (Tx1)
3	Hijau	Tx	Pin 1 (Rx2)
4	Merah	Vcc (5V)	Vin (5V)
5	Merah Jambu	MOTOCTL	Pin 23 (Digital Output)
6	Biru	VMoto (5V)	Pin 20 (5V)

3.3.3 GPS dan Kompas

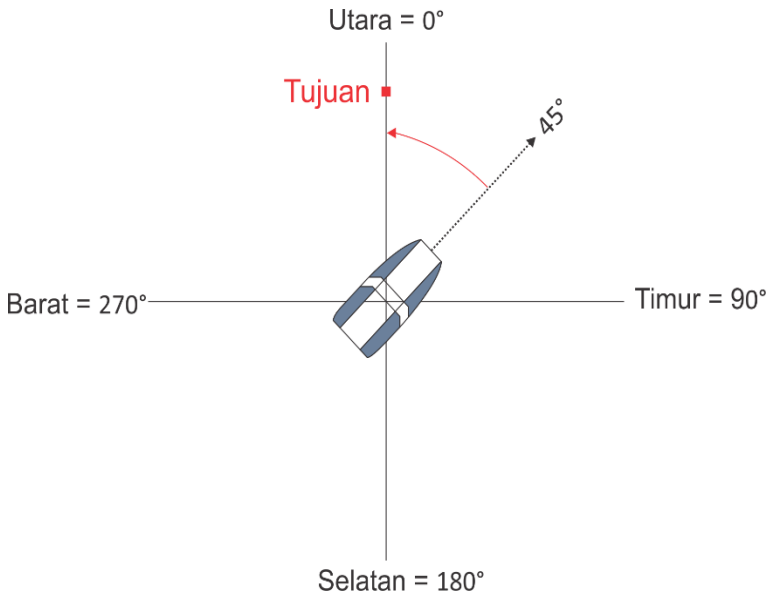
GPS dan kompas merupakan perbaduan komponen yang digunakan untuk navigasi *waypoint* pada USV. GPS berfungsi untuk mengetahui posisi GPS saat ini dan posisi tujuan USV. Komunikasi GPS berupa serial sehingga pin yang digunakan yaitu pin Tx dan Rx, pin Rx dan Tx pada GPS dipasang menyilang dengan serial3 teensy 3.5. Sedangkan kompas berfungsi untuk mengetahui *heading* kapal, seperti Gambar 3.11. Pin yang dipakai pada kompas yakni SDA dan SCL, pin SDA pada kompas di hubungkan ke pin SDA pada arduino nano dan pin SCL pada kompas dihingkan ke pin SCL arduino nano. Dapat dilihat pada gambar 3.10 pengkabelan GPS dan kompas.



Gambar 3. 10 Perkabelan GPS dengan teensy 3.5.

Tabel 3. 3 Perkabelan GPS Ublox Neo-7M dengan teensy 3.5

No	Warna	Ublox Neo-7m	Teensy 3.5
1	Hitam	Ground	Ground
2	Hijau	Tx	Pin 7 (Rx3)
3	Biru	Rx	Pin 8 (Tx3)
4	Merah	Vcc (5V)	Vin (5V)



Gambar 3. 11 Navigasi menggunakan GPS dan kompas.

3.3.4 Bluetooth

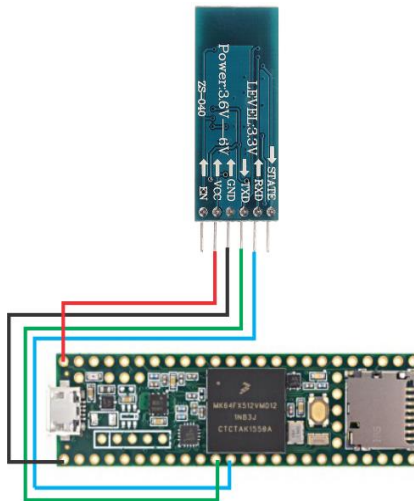
Bluetooth digunakan sebagai pengendali untuk memilih ke mode manual atau mode otomatis. Pemilihan mode pengendali pada *bluetooth* yang terhubung dengan android, dengan menggunakan aplikasi Bluetooth Controller. Komunikasi *bluetooth* menggunakan serial, yang terhubung dengan serial 2 teensy 3.5 seperti gambar 3.12.

Tabel 3. 4 Perkabelan bluetooth HC-05 dengan teensy 3.5.

No	Warna	HC-05	Teensy 3.5
1	Merah	Vcc (5V)	Vin (5V)
2	Hitam	Ground	Ground
3	Hijau	Tx	Pin 9 (Rx2)
4	Biru	Rx	Pin 10 (Tx)

3.3.6 HC-12

HC-12 merupakan komponen yang berfungsi sebagai alat komunikasi berupa *wireless* yang dapat mengirimkan data yang didapat oleh USV untuk dikirim ke Ground Station Center (GSC), GSC ini dimaksud adalah *personal computer*. HC-12 ini memiliki kelebihan yaitu jarak jangkauan yang jauh, serta menyambungkan komunikasi lebih mudah. Untuk menghubungkan komunikasi teensy 3.5 dengan HC-12, Tx Rx HC-12 dipasang bersilangan dengan Tx Rx4 teensy 3.5.



Gambar 3. 12 Perkabelan bluetooth dengan teensy 3.5.

3.3.7 Teensy 3.5

Teensy merupakan mikontroler utama pada USV yang digunakan untuk membaca, mengirim data dan mengolah data. Teensy dipilih karena memiliki pin *input-output* (I/O) yang cukup banyak dan memiliki enam serial. Pada USV membutuhkan 4 port serial. Dan juga teensy 3.5 memiliki *flash memory* yang cukup besar yaitu 512 kbyte. Adapun penggunaan pin pada teensy dapat dilihat pada Tabel 3.5.

3.4. Perancangan Perangkat Lunak

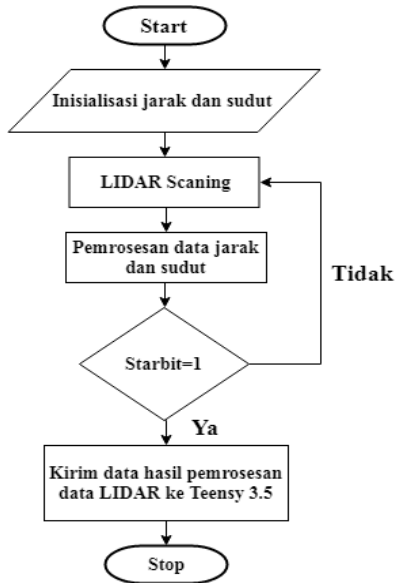
Perancangan perangkat lunak terdiri dari pengaksesan modul

elektronik yang digunakan pada USV, proses kalibrasi di beberapa sensor yang perlu dikalibrasi dan *flowchart* yang berfungsi untuk menggambarkan rangkaian proses sehingga mudah dilihat berdasarkan urutan langkah dari suatu proses.

Pada pengaksesan LIDAR yang dilakukan adalah menghubungkan LIDAR dengan mikrokontroler teensy 3.2 dengan menggunakan komunikasi serial1, menggunakan *library* “RPLidar.h” dengan *baudrate* 115200 dengan input tegangan 5V. *Flowchart* pengaksesan LIDAR dapat dilihat pada gambar 3.13.

Tabel 3. 5 Penggunaan pin pada teensy 3.5.

No	Pin Teensy 3.5	Komponen Terhubung	Keterangan
1	Serial1	Teensy 3.2	Sebagai <i>receiver</i> dari teensy 3.2 yang digunakan untuk mengolah data LIDAR
2	Serial2	GPS	Pembacaan lokasi USV berupa longitude dan latitude
3	Serial 3	Arduino Nano	Sebagai <i>receiver</i> dari arduino nano yang digunakan untuk mengolah data kompas
4	Serial 4	<i>Bluetooth</i>	Mengontrol USV agar dapat bergerak secara otomatis/manual
5	Serial 5	HC-12	Komunikasi ke GSC
6	Pin 24	LCD	Untuk menampilkan data-data berupa jarak, <i>error</i> sudut dan status mode
7	Pin 24		
8	Pin 26		
9	Pin 27		
10	Pin 28		
11	Pin 29		



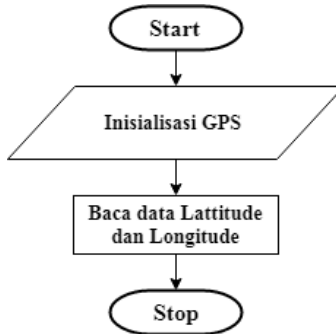
Gambar 3. 13 Flowchart pengaksesan LIDAR.

Kemudian untuk pengaksesan data pada modul GPS ublox Neo7M. Data diproses pada mikrokontroler teensy 3.5. untuk pembacaan *latitude* dan *longitude* diperlukan *library* “TinyGPS++.h”. *Flowchart* pengaksesan GPS dapat dilihat pada gambar dan program yang digunakan pada teensy 3.5 sebagai berikut

```

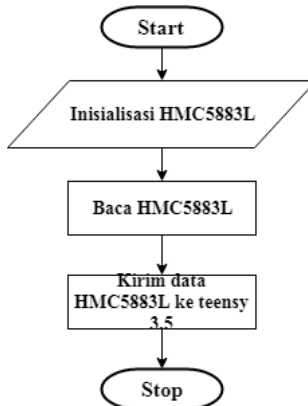
while (Serial1.available() > 0) {
  if (gps.encode(Serial1.read())) {
    if (gps.location.isValid()) {
      lat_value = gps.location.lat;
      lng_value = gps.location.lng();
    }
    else {
      lat_value = 0;
      lng_value = 0;
    }
    Return;
  }
}

```



Gambar 3. 14 Flowchart pengaksesan GPS.

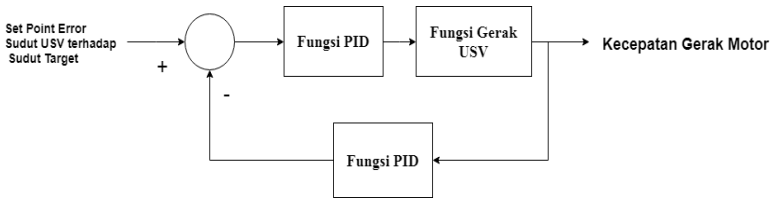
Untuk pengaksesan data kompas HMC5883L dilakukan pada arduino nano dengan menggunakan komunikasi I2C dengan beberapa fungsi yang telah tersedia seperti `i2c_start`, `i2c_write`, `i2c_read` dan `i2c_stop`. *Flowchart* pengaksesan HMC5883L dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Flowchart pengaksesan HMCL5883L.

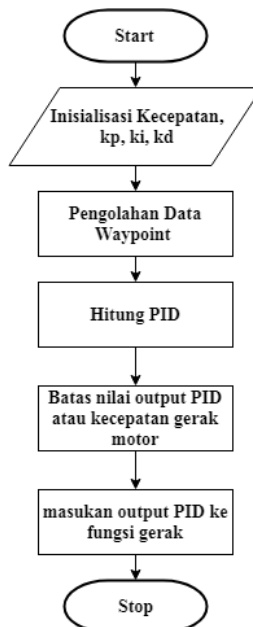
3.5. Perancangan Sistem Pengendali Otomatis pada USV

Pada tahap ini pengendali pada sistem navigasi *waypoint* pada USV menggunakan kontrol PID. Kontrol PID berfungsi sebagai pengatur arah atau *heading* kapal agar sesuai dengan tujuan, nilai k_p , k_i , k_d didapatkan melalui metode *manual tuning* dan *trial error*. Blok diagram dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Blok diagram kontrol PID

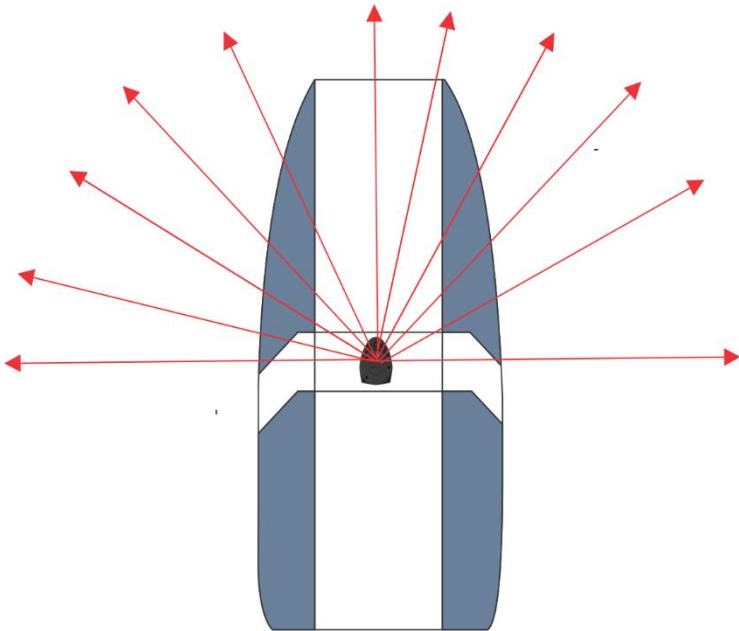
Untuk mempermudah perancangan PID pada navigasi *waypoint*, *flowchart* dari perancangan PID dapat dilihat pada gambar 3.17. dalam menentukan nilai k_p , k_i , k_d dalam kontrol PID dengan menggunakan metode *manual tuning*. Inti dari metode ini adalah untuk mendapatkan kombinasi k_p , k_i , k_d tercepat menuju *steady state*.



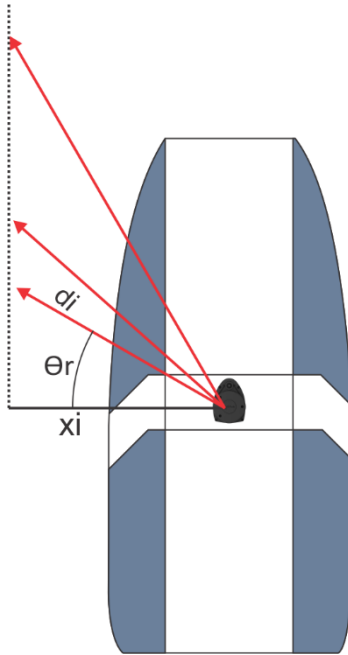
Gambar 3. 17 Flowchart perancangan PID

3.6. Perancangan Sitem Penghindar Halangan

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem penghindar halangan pada USV. Pada tahap pertama LIDAR akan memindai mulai dari sudut 90° sampai 270° dan selain sudut tersebut tidak digunakan. Jadi hanya sudut 90° sampai 270° yang digunakan untuk mendeteksi halangan dapat dilihat pada Gambar 3.18. Kemudian hasil pemindaian berupa jarak persudut akan dikalkulasi menggunakan persamaan 3.1 untuk menghasilkan jarak deteksi lidar yang berbentuk daerah aman robot untuk berjalan. Daerah tersebut merupakan batas untuk mendeteksi halangan. Sehingga ketika ada halangan yang berada di daerah tersebut akan dianggap halangan yang perlu dihindari.



Gambar 3. 18 Pemindaian LIDAR pada sudut 90° sampai 270°



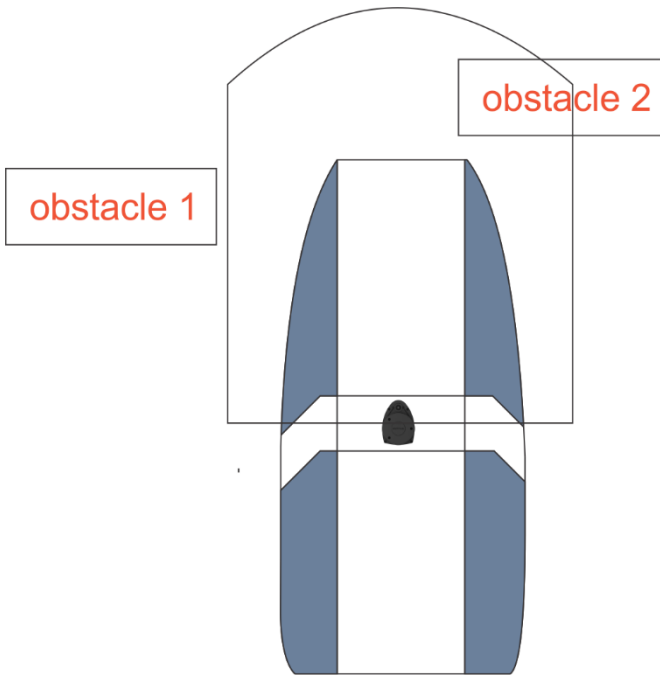
Gambar 3. 19 Perumusan untuk pembuatan wilayah deteksi halangan.

Wilayah deteksi lidar bisa di hitung dengan persamaan dibawah ini:

- xi = lebar bagian samping kapal
- Θ_r = sudut pancaran laser
- di = jarak pancaran laser

$$di = \frac{xi}{\cos \theta r} \quad (3.1)$$

Hasil dari persamaan diatas akan menghasilkan jarak persudut lidar berupa wilayah deteksi lidar yang dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3. 20 Wilayah pemindaian LIDAR

Hasil dari kalkulasi jarak LIDAR kemudian rancang kedalam algoritma untuk pembagian wilayah deteksi terhadap sudut orientasi LIDAR dapat dilihat pada gambar 3.21. Pembagian wilayah deteksi LIDAR dibagi menjadi empat wilayah berupa deteksi bagian kiri, deteksi bagian depan kiri, deteksi bagian depan kanan. Pembagian wilayah berdasarkan sudut orientasi LIDAR. Untuk deteksi kiri digunakan sudut 90° - 172° , untuk deteksi bagian depan kiri digunakan sudut 173° - 178° , untuk deteksi bagian depan kanan digunakan sudut 182° - 188° dan untuk deeksi wilayah kanan digunakan sudut 189° - 270° . Pada sudut 179° - 181° digunakan sebagai titik buta deteksi. Kemudian wilayah deteksi yang telah dibuat akan dirancang kedalam algoritma penghindar pada USV dapat dilihat pada gambar 3.22. Algoritma penghindar halangan akan dibagi menjadi enam permodelan masalah yaitu : Pertama ketika halangan berada didaerah deteksi kiri maka USV akan bermanuver kearah kanan, kedua ketika

halangan berada didaerah deteksi depan kiri maka USV akan bermanuver kearah kanan, ketiga ketika halangan berada didaerah deteksi kiri dan depan kiri maka USV akan bermanuver kearah kanan, keempat ketika halangan berada didaerah deteksi kanan maka USV akan bermanuver kearah kiri, kelima ketika halangan berada didaerah deteksi depan kanan maka USV akan bermanuver kearah kiri, keenam ketika halangan berada didaerah deteksi depan kanan dan kiri maka USV akan bermanuver kearah kiri.

```

83
84     if ( distance > 0 )
85     {
86         if(angle > 90 && angle < 172)
87         {
88             xx = 400 / cos((angle-90)*PI/180);
89             if(distance < xx)
90             {
91                 kiri = true;
92             }
93         }
94         else if (angle >= 172 && angle < 178)
95         {
96             if(distance < 3000)
97             {
98                 depan_kiri = true;
99             }
100        }
101
102        else if (angle >= 182 && angle <= 188)
103        {
104            if(distance < 3000)
105            {
106                depan_kanan = true;
107            }
108        }
109
110        else if (angle > 190 && angle < 270)
111        {
112            xx = 400 / cos((270-angle)*PI/180);
113            if(distance < xx)
114            {
115                kanan = true;
116            }
117        }
118    }

```

Gambar 3. 21 Pseudocode pembagian daerah deteksi halangan

```

36     if (kiri && depan_kiri)
37     {
38         Serial3.write('A');
39         //Serial.println("MENGHINDAR KANAN ");
40         kiri = false;
41         depan_kiri = false;
42     }
43     }
44     else if (depan_kanan && kanan)
45     {
46         Serial3.write('B');
47         //Serial.println("MENGHINDAR KIRI ");
48         depan_kanan = false;
49         kanan = false;
50     }
51     else if (depan_kanan)
52     {
53         Serial3.write('C');
54         //Serial.println("MENGHINDAR KIRI");
55         depan_kanan = false;
56     }
57     }
58     else if (depan_kiri)
59     {
60         Serial3.write('D');
61         //Serial.println("MENGHINDAR KANAN");
62         depan_kiri = false;
63     }
64     }
65     else if (kiri)
66     {
67         Serial3.write('E');
68         //Serial.println("MENGHINDAR KANAN ");
69         kiri = false;
70     }
71     }
72     else if (kanan)
73     {
74         Serial3.write('F');
75         //Serial.println("MENGHINDAR Kiri 2");
76         kanan = false;
77     }
78     }
79     }
80     }

```

Gambar 3. 22 Pseudocode Pemodelan masalah deteksi halangan.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari sistem *Unmanned Surface Vehicle* yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Bab ini bertujuan untuk mendapatkan data yang kemudian akan dilakukan analisa pada masing-masing pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian LIDAR, pengujian GPS, pengujian kompas, pengujian sistem penghindar halangan. Realisasi perancangan desain dari USV dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Realisasi prancangan desain kapal

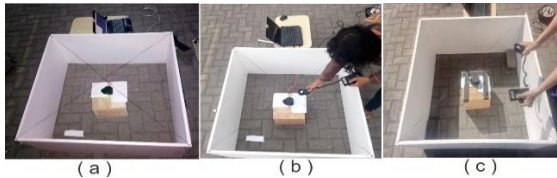
4.1. Pengujian Sensor LIDAR

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap jarak jangkauan LIDAR. Pengujian dilakukan untuk membandingkan jarak terbaca LIDAR dengan jarak sebenarnya.

4.1.1 Pengujian Pembacaan Jarak LIDAR Tiap Sudut Orientasi LIDAR

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan pembacaan jarak LIDAR tiap sudut dengan jarak sebenarnya. Pengujian ini dilakukan dengan cara LIDAR diletakkan pada sebuah kotak yang berukuran 1025 x 985, pembacaan LIDAR menggunakan software dari produsen SLAMTEC. Pembacaan jarak LIDAR akan dilakukan tiap 20°. Pengujian ini akan dilakukan pada intensitas cahaya yang berbeda sehingga dapat mengetahui pengaruh intensitas terhadap hasil pembacaan LIDAR. Hasil dari percobaan dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3. Tiga percobaan dilakukan dengan intensitas berbeda, yaitu 180, 1274, 20800 Lux. Berdasarkan hasil percobaan pada intensitas 180 didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 0,51% kemudian pada intensitas cahaya sebesar 1274 didapatkan rata-rata *error* sebesar 1,18 dan kemudian percobaan pada intensitas cahaya

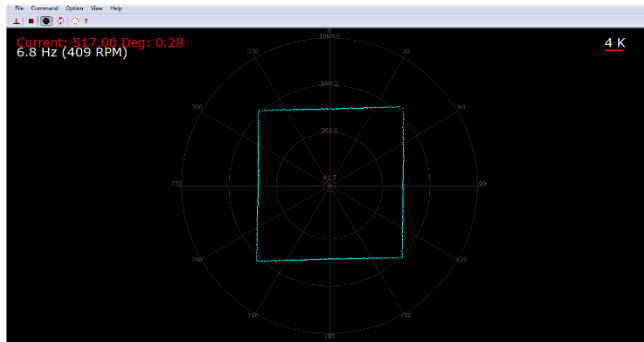
sebesar 20800 Lux, pada percobaan ini terdapat data nol, ini dikarenakan intensitas cahaya yang dilakukan percobaan melebihi spesifikasi intensitas cahaya pada LIDAR sehingga rata-rata error terjadi kenaikan signifikan. Dari data pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya dapat berpengaruh terhadap nilai pembacaan jarak LIDAR.



Gambar 4. 2 (a) Pengujian jarak LIDAR pada intensitas 180 Lux
(b) intensitas 1274 Lux (c) intensitas 20800 Lux.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 180 lux.

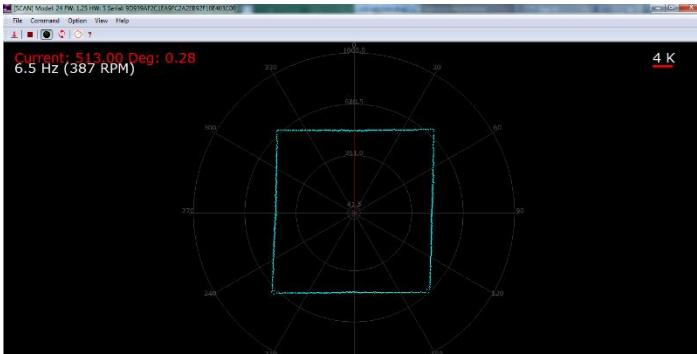
Sudut	Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pembacaan LIDAR (mm)	Error (%)
0°	513	512	0,20
20°	545	544	0,18
40°	669	664	0,75
60°	567	562	0,89
80°	500	498	0,40
100°	500	497	0,60
120°	569	568	0,18
140°	669	668	0,15
160°	545	538	1,30
180°	513	512	0,20
200°	545	538	1,30
220°	669	665	0,60
240°	568	568	0,00
260°	500	502	0,40
280°	500	498	0,40
300°	569	564	0,89
320°	669	664	0,75
340°	545	543	0,37
360°	513	512	0,20
Rata-Rata Error			0,51



Gambar 4. 3 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi pada intensitas cahaya 180 Lux.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 1274 lux.

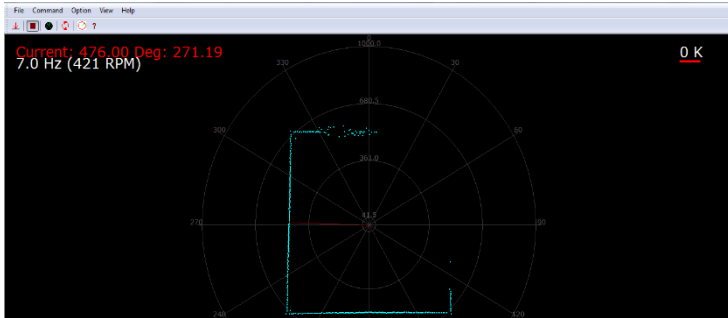
Sudut	Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pembacaan LIDAR (mm)	Error (%)
0°	513	513	0,00
20°	545	545	0,00
40°	669	674	0,75
60°	567	566	0,18
80°	500	498	0,40
100°	500	494	1,20
120°	569	559	1,76
140°	669	640	4,33
160°	545	532	2,39
180°	513	512	0,19
200°	545	532	2,39
220°	669	657	1,79
240°	568	571	0,53
260°	500	496	0,80
280°	500	492	1,60
300°	569	554	2,64
320°	669	662	1,05
340°	545	547	0,37
360°	513	513	0,00
Rata-Rata Error			1,18



Gambar 4. 4 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi pada intensitas cahaya 1274 Lux.

Tabel 4. 3 Hasil Pegujian jarak LIDAR tiap Sudut orientasi pada intensitas cahaya 20800 Lux.

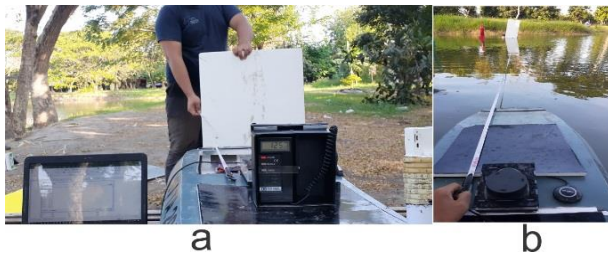
Sudut	Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pembacaan LIDAR (mm)	Error (%)
0°	513	524	2,14
20°	545	0	100
40°	669	0	100
60°	567	0	100
80°	500	0	100
100°	500	0	100
120°	569	0	100
140°	669	644	3,74
160°	545	520	4,59
180°	513	491	4,29
200°	545	530	2,75
220°	669	656	1,94
240°	568	558	1,76
260°	500	484	3,20
280°	500	484	3,20
300°	569	545	4,22
320°	669	672	0,45
340°	545	522	4,22
360°	513	524	2,14
Rata-Rata Error			33,61



Gambar 4. 5 Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi pada intensitas cahaya 20800.

4.1.2 Pengujian Pembacaan Jarak LIDAR Pada Permukaan Air dan Permukaan Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembacaan LIDAR pada permukaan air dengan membandingkan pembacaan LIDAR pada permukaan tanah. Tabel 4.4 merupakan hasil pengujian perbandingan pembacaan nilai jarak yang dibaca oleh LIDAR dengan jarak sebenarnya yang dilakukan pada permukaan tanah dengan intensitas cahaya sebesar 1250 Lux memiliki rata-rata *error* sebesar 2,24% atau 191,52 milimeter. Sedangkan pada tabel 4.5 merupakan hasil pengujian perbandingan pembacaan nilai jarak yang dibaca LIDAR dengan jarak sebenarnya yang dilakukan diatas permukaan air dengan intensitas cahaya sebesar 1310 Lux yang memiliki rata-rata *error* sebesar 2,20% atau 184,48 milimeter. Dari hasil percobaan dapat diambil kesimpulan bahwa pembacaan LIDAR permukaan air dengan pembacaan LIDAR pada permukaan tanah tidak memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 4. 6 (a) Pengujian pembacaan LIDAR pada permukaan tanah (b) Permukaan air.

Tabel 4. 4 Pengujian Pembacaan jarak LIDAR pada permukaan tanah dengan intensitas cahaya 1250 Lux.

Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pembacaan LIDAR (mm)	Error (mm)	Error (%)
1000	1004	4	0,40
1500	1517	17	1,13
2000	2011	11	0,55
2500	2516	16	0,64
3000	3013	13	0,43
3500	3516	16	0,46
4000	4005	5	0,13
4500	4570	70	1,56
5000	5069	69	1,38
5500	5590	90	1,64
6000	6152	152	2,53
6500	6632	132	2,03
7000	7158	158	2,26
7500	7609	109	1,45
8000	8224	224	2,80
8500	8824	324	3,81
9000	9332	332	3,69
9500	9862	362	3,81
10000	10380	380	3,80
10500	10935	435	4,14
11000	11452	452	4,11
11500	11972	472	4,10
12000	12562	562	4,68
Rata-Rata <i>Error</i>		191,52	2,24

4.2. Pengujian GPS Ublox NEO-7N

Pada pengujian GPS dilakukan dikedung B Teknik Elektro pada lantai 4. Pengujian GPS berguna untuk mendapatkan data yang baik sebelum diuji coba pada USV. Komunikasi *boud rate* antara GPS dan mikrokontroler yaitu 9600 bps. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6 sedangkan penggambaran lokasi dapat dilihat pada google maps ditandai dengan tanda merah yang di perlihatkan pada gambar 4.7

Tabel 4. 5 Pengujian Pembacaan jarak LIDAR pada permukaan air dengan intensitas cahaya 1310 Lux

Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pembacaan LIDAR (mm)	Error (mm)	Error (%)
1000	1005	5	0,50
1500	1511	11	0,73
2000	2012	12	0,60
2500	2508	8	0,32
3000	3011	11	0,37
3500	3517	17	0,49
4000	4018	18	0,45
4500	4556	56	1,24
5000	5074	74	1,48
5500	5614	114	2,07
6000	6163	163	2,72
6500	6659	159	2,45
7000	7193	193	2,76
7500	7742	242	3,23
8000	8266	266	3,33
8500	8774	274	3,22
9000	9291	291	3,23
9500	9763	263	2,77
10000	10370	370	3,70
10500	10827	327	3,11
11000	11351	351	3,19
11500	11882	382	3,32
12000	12636	636	5,30
Rata-Rata <i>Error</i>		184,48	2,20

Tabel 4. 6 Data koordinat GPS pada gedung B402

No	Latitude	Longitude
1	-7.2848630	112.7960358
2	-7.2848632	112.7960358
3	-7.2848633	112.7960358
4	-7.2848633	112.7960358
5	-7.2848634	112.7960358
6	-7.2848635	112.7960358

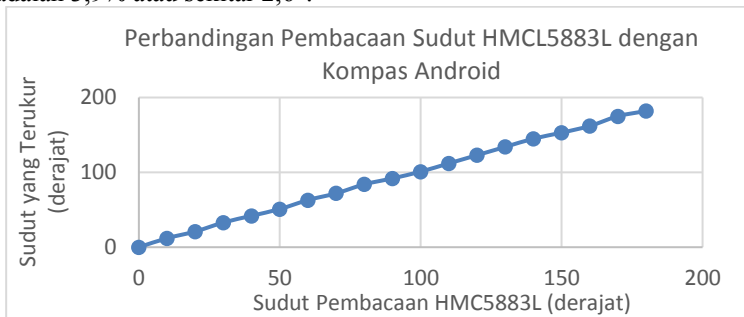


Gambar 4. 7 Lokasi pengujian GPS dilihat melalui Google Maps

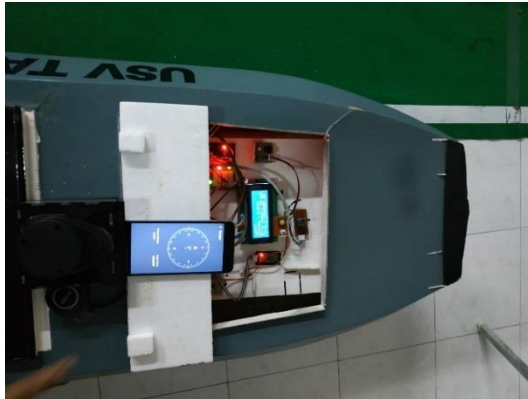
4.3. Pengujian HMC5883L

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sensor HMC5883L untuk memastikan sensor bekerja dengan baik, karena nilai *bearing* dari sensor HMC5883L digunakan sebagai orientasi pada robot. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor HMC5883L dengan aplikasi kompas yang terdapat pada *smarthphone*. Jarak yang akan diuji coba yaitu dimulai dari 0° sampai 180° .

Dari tabel 4.3 didapatkan rata-rata *error* antara sudut sebenarnya dengan sudut yang terbaca oleh sensor HMC5883L adalah 3,9% atau sekitar $2,6^\circ$.



Gambar 4. 8 Grafik perbandingan pembacaan sudut kompas HMC5883L dengan kompas pada android.



Gambar 4. 9 Pengujian data HMC5883L.

Tabel 4. 7 Hasil pengujian perbandingan pembacaan kompas pada HMC5883L dengan kompas pada android

Sudut sebenarnya (derajat)	Sudut Terbaca (derajat)	Error (%)
0	0	0
10	12	4,761
20	21	9,090
30	33	4,761
40	42	1,960
50	51	4,761
60	63	2,777
70	72	4,761
80	84	2,173
90	92	0,990
100	101	1,785
110	112	2,439
120	123	2,985
130	134	3,448
140	145	1,960
150	153	1,234
160	162	0,584
170	175	2,856
180	182	4,761

4.4. Pengujian Kecepatan Kapal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari sinyal PWM yang diberikan terhadap kecepatan dari kapal. Sinyal PWM dibangkitkan oleh mikokontroler berdasarkan konstanta PWM dengan resolusi 8-bit. Pengujian akan dilakukan dengan cara memberikan nilai konstanta PWM tertentu terhadap dua motor penggerak kapal. Kapal akan bergerak lurus sejauh 10 meter. Waktu tempuh akan dicatat. Dari hasil percobaan akan diketahui kecepatan kapal. Skema percobaan dapat dilihat pada gambar 4.10

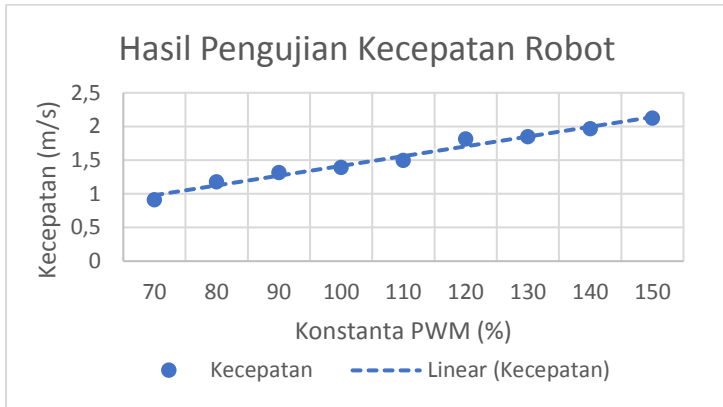


Gambar 4. 10 Skema percobaan kecepatan kapal.

Hasil pengujian kecepatan kapal dapat dilihat pada tabel. Dari hasil pengujian terlihat bahwa semakin besar nilai konstanta PWM yang diberikan, maka kecepatan kapal akan semakin meningkat. Karakteristik kecepatan kapal terhadap PWM dapat dilihat pada gambar 4.11.

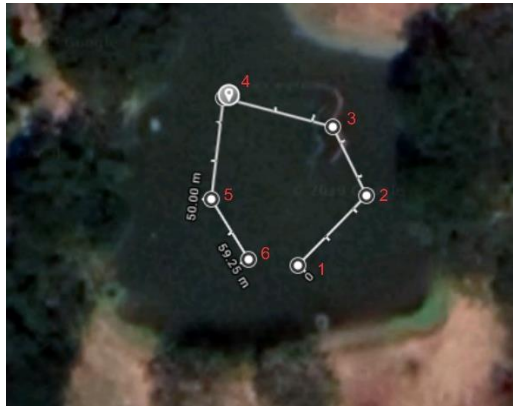
Tabel 4. 8 Hasil pengujian kecepatan kapal.

Jarak (m)	Konstanta PWM (%)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
10	70	10.99	0,910
	80	8.51	1,175
	90	7.60	1,316
	100	7.20	1,389
	110	6.68	1,497
	120	5.52	1,812
	130	5.42	1,845
	140	5.09	1,965
150	4.71	2,123	



Gambar 4.11 Grafik karakteristk kecepatan kapal terhadap konstanta PWM

4.5. Pengujian Navigasi Waypoint



Gambar 4.12 Titik tujuan USV pada sistem navigasi waypoint

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

Pengujian sistem navigasi *waypoint* dilakukan diperairan 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 berurutan sesuai tabel 4.9

Tabel 4. 9 Nilai longitude dan lattitude tujuan USV

No	Lokasi Tujuan	Lattitude	Longitude
1	Start	-7.287209	112.796131
2	Waypoint 1	-7.287105	112.796210
3	Waypoint 2	-7.287025	112.796170
4	Waypoint 3	-7.286989	112.796052
5	Waypoint 4	-7.287102	112.796027
6	Waypoint 5	-7.287192	112.796059

4.5.1 Proses Kalkulasi *Waypoint*

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 lattitude ASV dalam satuan derajat, kemudian dikonversi ke dalam radian, (1 derajat adalah 0,0174533 radian).

$$longitude\ radian = longitude \times 0.01745329252 \quad (4.7)$$

$$lattitude\ radian = lattitude \times 0.01745329252 \quad (4.8)$$

Dimana ; $Longitude_rad = a$

$Lattitude_rad = b$

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

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

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

Dimana ; $Long.\ target\ rad = aa$

$Latt.\ target\ rad = bb$

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.

4.5.2 Hasil Pengujian *Waypoint*

Tabel 4. 10 Hasil pengujian *Waypoint*

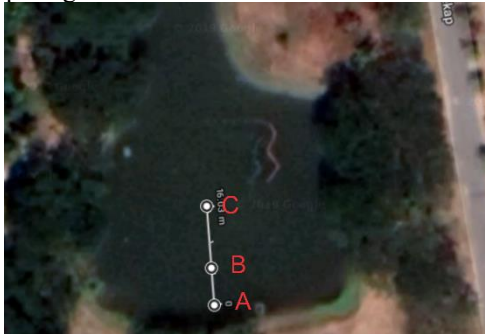
No	Lattitude	Longitude	Error Sudut	Output PID
1	-7.287199	112.796104	21,8	9,0493
2	-7.287101	112.796211	36,2	29,0144
3	-7.287047	112.796180	8,25	3,4851
4	-7.286998	112.796035	1,56	-1,143
5	-7.287110	112.796028	-145,44	-58,9704
6	-7.287182	112.796049	-2,21	39,6073

Berdasarkan hasil pengujian *waypoint* GPS, USV dapat bergerak secara otomatis sesuai lokasi-lokasi tujuan. Dalam pengujian ini GPS memiliki *error* posisi ± 2 meter. Perbedaan posisi tersebut dikarenakan spesifikasi GPS modul yang memiliki *error* 2-2,5 meter, sehingga untuk mengoptimalkan pergerakan, program pada USV diberikan toleransi pembacaan GPS 2 meter dan mengakibatkan USV memiliki *error* posisi 2 meter. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.10

4.6. Pengujian Penghindar Halangan

Pengujian penghindar halangan dengan menggunakan sensor LIDAR. Tujuan dari pengujian ini adalah robot mampu menghindari halangan yang ada disekitarnya. Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 3 percobaan untuk menguji bagaimana sistem diberi halangan.

Pada pengujian pertama adalah menguji bagaimana robot mampu menghindari halangan didepan robot saat melakukan navigasi. Robot akan dites dengan melakukan navigasi dan diberikan halangan didepan tengah pada robot. Navigasi dilakukan sejauh 16 meter dengan diberi halangan tepat diantara titik koordinat keberangkatan dengan titik koordinat tujuan. Lokasi pengujian ditunjukkan pada gambar 4.12



Gambar 4. 13 lokasi pengujian sistem penghindar halangan

Sistem diberikan perintah navigasi dari kordinat A menuju kordinat C. Parameter keberhasilan dari pengujian ini adalah sistem mampu menghindari halangan yang telah di persiapan dilokasi B yang berjarak 5 meter dari kordinat A. Robot diamati bagaimana pola penghindarnya serta robot merespon adanya halangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.11. hasil dari pengujian pertama yakni robot dapat menghindar tanpa ada mengalami tabrakan terhadap halang.

Pengujian yang kedua, Robot diberikan perintah navigasi dari koordinat A menuju koordinat C. Parameter keberhasilan dari pengujian ini adalah sistem mampu menghindari halangan yang telah dipersiapkan di sebelah kiri dari lokasi B sejauh 30 cm yang berjarak 5 meter dari koordinat A. Robot diamati bagaimana pola

penghindarannya serta mulai merespon adanya halangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.12. Hasil dari pengujian pertama yakni robot dapat menghindari tanpa ada mengalami tabrakan terhadap halang. Pola penghindaran robot yaitu berbelok sebelah kanan dikarenakan halangan yang diberikan masuk pada wilayah penghindaran robot sebelah kanan

Tabel 4. 11 Hasil pengujian penghindar halangan di depan

No	Jarak Halangan (meter)	Halangan Terhindar	Arah Menghindar
1	5	Ya	Kanan
2	5	Ya	Kanan
3	5	Ya	Kanan
4	5	Ya	Kiri
5	5	Ya	Kanan

Tabel 4. 12 Hasil pengujian penghindar halangan di kiri

No	Jarak Halangan (meter)	Halangan Terhindar	Arah Menghindar
1	5	Ya	Kanan
2	5	Ya	Kanan
3	5	Ya	Kanan
4	5	Ya	Kanan
5	5	Ya	Kanan

Pengujian yang ketiga, Robot diberikan perintah navigasi dari koordinat A menuju koordinat C. Parameter keberhasilan dari pengujian ini adalah sistem mampu menghindari halangan yang telah dipersiapkan di sebelah kanan dari lokasi B sejauh 30 cm yang berjarak 5 meter dari koordinat A. Robot diamati bagaimana pola penghindarannya serta mulai merespon adanya halangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.12. Hasil dari pengujian pertama yakni robot dapat menghindari tanpa ada mengalami tabrakan terhadap halang. Pola penghindaran robot yaitu berbelok sebelah kiri dikarenakan halangan yang diberikan masuk pada wilayah penghindaran robot sebelah kiri

Tabel 4. 13 Hasil pengujian penghindar halangandi kanan

No	Jarak Halangan (meter)	Halangan Terhindar	Arah Menghindar
1	5	Ya	Kiri
2	5	Ya	Kiri
3	5	Ya	Kiri
4	5	Ya	Kiri
5	5	Ya	Kiri

4.7. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian keseluruhan sistem hasil yang didapatkan yaitu kapal mampu bergerak secara otomatis tanpa mengalami benturan terhadap halangan sekitar dan kapal dapat bergerak secara manual apabila terjadi *error* pada sistem.

4.7.1 Pengujian Pergerakan USV 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.

4.7.2 Pengujian Pergerakan USV Mode Otomatis

Pada pengujian pergerakan mode otomatis, kapal mampu bergerak sesuai dengan titik tuju waypoint yang telah ditentukan, dalam daerah perjalanan menuju waypoint telah terpasang *obstacle* sebanyak 7 *obstacle* dapat dilihat pada gambar 4.13. Kapal mampu bergerak untuk menghindari *obstacle* yang di pasang dan kemudian kapal dapat kembali menuju waypoint yang sudah ditentukan. Hasil percobaan dapat dilihat pada table 4.14. robot mampu menghindari semua *obstacle* tanpa mengalami benturan dan robot mampu menuju ke *waypoint* yang telah di tentukan. Hasil dari pengujian USV dapat menghindari halangan yang ada di sekitar perjalanan menuju waypoint tanpa ada terjadi benturan sama sekali.



Gambar 4. 14 Skema arena perjalanan kapal



Gambar 4. 15 Skema hasil perjalanan kapal

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

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian telah dilakukan perancangan sistem penghindar halangan dengan metode LIDAR pada *Unmanned surface Vehicle* yang dipadukan dengan sistem navigasi *waypoint*. Pengujian pertama adalah pengujian sensor LIDAR, pengujian ini terdiri dari pengujian pembacaan jarak LIDAR tiap sudut orientasi LIDAR, pengujian pembacaan jarak LIDAR pada permukaan air dan tanah. Hasil dari pengujian ini yaitu LIDAR memiliki rentang intensitas cahaya yang dapat diterimanya, sehingga ketika LIDAR digunakan diatas spesifikasi intensitasnya maka data yang dihasilkan akan rusak. kemudian LIDAR tidak terpengaruh ketika dijalankan di permukaan air.

Percobaan kedua yakni pengujian sensor kompas HMC5883L didapatkan rata-rata *error* pembacaan sensor terhadap sudut sebenarnya adalah 2.6° . Pada pengujian sistem navigasi *waypoint*, terdapat *error* posisi 2 meter, *error* tersebut dikarenakan program pada USV yang digunakan memiliki toleransi sekitar 2 meter. Untuk menyesuaikan spesifikasi dari modul GPS Ublox Neo-7M. Pada sistem penghindar robot dapat menghindari halangan pada kondisi halangan ada didepan, kiri dan dikanan robot tingkat keberhasilan robot untuk menghindari halangan mencapai 100%

5.2. Saran

Sebagai sarana pengembangan Sistem Penghindar Halangan Dengan Metode Lidar pada Unmanned Surface Vehicle, maka terdapat beberapa saran dari penulis berdasarkan hasil yang diperoleh saat percobaan, penggunaan LIDAR bertipe *outdoor*, karena memiliki ketahanan yang tinggi dari intensitas cahaya. Dan kemudian penelitian bisa dilanjutkan ketahap selanjutnya berupa pemetaan lingkungan

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “BIG | Bersama Menata Indonesia Yang Lebih Baik.” [Daring]. Tersedia pada: <http://www.big.go.id/berita-surta/show/rujukan-nasional-data-kewilayahan-luas-nkri-8-3-juta-kilometer-persegi>. [Diakses: 21-Jun-2019].
- [2] “Zona Ekonomi Eksklusif,” *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*. 28-Jan-2019.
- [3] T. Xinchu, Z. Huajun, C. Wenwen, Z. Peimin, L. Zhiwen, dan C. Kai, “A Research on Intelligent Obstacle Avoidance for Unmanned Surface Vehicles,” dalam *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, 2018, hlm. 1431–1435.
- [4] Z. Peng, Y. Tian, D. Wang, dan L. Liu, “Autopilot design for a robotic unmanned surface vehicle,” dalam *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*, 2015, hlm. 6116–6120.
- [5] J. Parthasarathy, “POSITIONING AND NAVIGATION SYSTEM USING GPS,” hlm. 5, 2006.
- [6] H. Qasem, O. Gorgis, dan L. Reindl, “Design and calibration of an inertial sensor system for precise vehicle navigation,” dalam *Navigation and Communication 2008 5th Workshop on Positioning*, 2008, hlm. 229–231.
- [7] W. Chen, R. Chen, Y. Chen, H. Kuusniemi, Z. Fu, dan J. Wang, “An adaptive calibration approach for a 2-axis digital compass in a low-cost pedestrian navigation system,” dalam *2010 IEEE Instrumentation Measurement Technology Conference Proceedings*, 2010, hlm. 1392–1397.
- [8] G. Shi, Q. Gong, Z. Song, dan G. Xu, “Research on autonomous avoidance technique based on the waypoint optimization algorithm,” dalam *2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*, 2015, hlm. 324–329.
- [9] D. S. Reay, “ARM® CORTEX®-M4 Development Systems,” 2015, hlm. 1–8.
- [10] B. Aris Saputra, M. Rivai, dan Tasripan, “Rancang Bangun Sistem Pemisah Air – Minyak Berbasis Metode Adsorpsi Menggunakan Mikrokontroler Teensy,” Des 2018.
- [11] P. Denysyuk, V. Teslyuk, dan I. Chorna, “Development of mobile robot using LIDAR technology based on Arduino controller,” dalam *2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, 2018, hlm. 240–244.

- [12] M. A. Markom, A. H. Adom, E. S. M. M. Tan, S. A. A. Shukor, N. A. Rahim, dan A. Y. M. Shakaff, “A mapping mobile robot using RP Lidar scanner,” dalam *2015 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS)*, 2015, hlm. 87–92.
- [13] Y. Cheng dan G. Y. Wang, “Mobile robot navigation based on lidar,” dalam *2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 2018, hlm. 1243–1246.

LAMPIRAN A

Program pengolahan LIDAR

```
#include <RPLidar.h>

// You need to create an driver instance
RPLidar lidar;

int xx;
bool kiri = false;
bool depan_kiri = false;
bool depan_kanan = false;
bool kanan = false;

#define RPLIDAR_MOTOR 2 // The PWM pin for control
the speed of RPLIDAR's motor.

void setup() {
  // bind the RPLIDAR driver to the arduino hardware serial
  lidar.begin(Serial1);
  pinMode(RPLIDAR_MOTOR, OUTPUT);
  Serial3.begin(115200);
}

void loop() {
  if (IS_OK(lidar.waitPoint())) {
    //perform data processing here...
    float distance = lidar.getCurrentPoint().distance;
    float angle = lidar.getCurrentPoint().angle;

    if (lidar.getCurrentPoint().startBit)
    {
      if (kiri && depan_kiri)
```

```

{
  Serial3.write('A');
  //Serial.println("MENGHINDAR KANAN 2");
  kiri = false;
  depan_kiri = false;

}
else if (depan_kanan && kanan)
{
  Serial3.write('B');
  //Serial.println("MENGHINDAR Kiri 1");
  depan_kanan = false;
  kanan = false;
}
else if (depan_kanan)
{
  Serial3.write('C');
  //Serial.println("ADA HALANGAN DEPAN");
  depan_kanan = false;
}

else if (depan_kiri)
{
  Serial3.write('D');
  //Serial.println("MENGHINDAR Kiri 2");
  depan_kiri = false;
}

else if (kiri)
{
  Serial3.write('E');
  //Serial.println("MENGHINDAR KANAN 1");
  kiri = false;
}

else if (kanan)
{
  Serial3.write('F');
  //Serial.println("MENGHINDAR Kiri 2");
}

```

```

        kanan = false;
    }

}

else {
    if ( distance > 0 )
    {
        if(angle > 90 && angle < 172)
        {
            xx = 400 / cos((angle-90)*PI/180);
            if(distance < xx)
            {
                kiri = true;
            }
        }
        else if (angle >= 172 && angle < 178)
        {
            if(distance < 3000)
            {
                depan_kiri = true;
            }
        }

        else if (angle >= 182 && angle <= 188)
        {
            if(distance < 3000)
            {
                depan_kanan = true;
            }
        }

        else if (angle > 190 && angle < 270)
        {
            xx = 400 / cos((270-angle)*PI/180);
            if(distance < xx)
            {
                kanan = true;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
  }
}
}
}
else {
  analogWrite(RPLIDAR_MOTOR, 0); //stop the rplidar
  motor

  // try to detect RPLIDAR...
  rplidar_response_device_info_t info;
  if (IS_OK(lidar.getDeviceInfo(info, 100))) {
    //detected...
    lidar.startScan();
    analogWrite(RPLIDAR_MOTOR, 255);
    delay(1000);
  }
}
}
}

```

Program Keseluruhan USV

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <string>
#include <Servo.h>
#include <RPLidar.h>

#define HC_12 Serial4

int status_otomatis;
int status_waypoint = 0;
bool terima_lidar = true;
char data_arah;
bool ada_data = false;

```

```
int sudut_geser;
bool waypoint = true;
int penanda;
```

```
//===== Inisialisasi LCD
=====
```

```
const int rs = 24, en = 25, d4 = 26, d5 = 27, d6 = 28, d7 = 29;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
char lcd_data[100];
int menu = 0;
```

```
//===== Inisialisasi compass
=====
```

```
int usart1_status=0;
int usart1_data ;

int data_slave_ke=0;
char buffer_data[8];
float data_terima_heading=0;
float data_terima_headingDegrees=0;
float sudutCompass;
float sudutTujuan;
float errorSudut;
float errorSudutSebelum = 0;
```

```
//===== Inisialisasi GPS
=====
```

```
TinyGPSPlus gps;
float lattitude;
float longitude;
float target_lat;
float target_lon;
```

```
//===== Inisialisasi Bluetooth
=====
```

```

SoftwareSerial BTSerial(9, 10); // RX | TX
bool auto_mode = 0;
char val;

//===== Inisialisasi Motor
=====

Servo ESC_1;
Servo ESC_2;
int motor_kanan = 0 ;
int motor_kiri = 0 ;

//===== Inisialisasi WayPoint
=====

float jarak;
int target = 1;

//===== Inisialisasi PID
=====

float PID_kontrol = 0;
float kontrol_P = 0.5;
float kontrol_I = 0.005;
float kontrol_D = 0.1;

//===== Void Setup ESC
=====

void setupESC()
{
    ESC_1.attach(22); //Specify here the pin number on which
the signal pin of ESC is connected.
    ESC_2.attach(23);
    ESC_1.write(55); //ESC arm command. ESCs won't start
unless input speed is less during initialization.
}

```



```

    ESC_2.write(55);
    delay(3000);    //ESC initialization delay.
}
//===== Void Setup Compass
=====

void setupCompass()
{
    Serial5.begin(9600);

}

//===== Void Setup GPS
=====

void setupGPS()
{
    Serial3.begin(9600);

}

//===== Void Setup Motor Manual
=====

void motor_gerak(int motor_kiri, int motor_kanan)
{

    ESC_1.write(motor_kanan); //Vary this between 40-130
to change the speed of motor. Higher value, higher speed.
    ESC_2.write(motor_kiri);

}

void kapal_gerak_manual(char command)
{

    switch(command)
    {

```

```
case '1'://arah kiri
    motor_kanan = 90;
    motor_kiri = 70;
    Serial.println("Kiri") ;
    break;
case '2'://arah atas
    motor_kanan = 80;
    motor_kiri = 80;
    Serial.println("Maju") ;
    break;
case '3'://arah kanan
    motor_kanan = 70;
    motor_kiri = 90;
    Serial.println("Kanan") ;
    break;
case '4'://arah bawah
    motor_kanan = 0;
    motor_kiri = 0;
    Serial.println("Stop") ;
    break;
case 'a'://kotak
    motor_kanan = 80;
    motor_kiri = 0;
    Serial.println("Kiri") ;
    break;
case 'b'://segitiga
    motor_kanan = 0;
    motor_kiri = 0;
    Serial.println("Stop") ;
    break;
case 'd'://bulat
    motor_kanan = 0;
    motor_kiri = 80;
    Serial.println("Kanan") ;
    break;
case 'c'://silang
    motor_kanan = 0;
    motor_kiri = 0;
    Serial.println("Stop") ;
```

```

        break;
    }

    motor_gerak(motor_kiri+6,motor_kanan);
}

//===== Void Setup Bluetooth
=====
void setupBluetooth()
{
    BTSerial.begin(9600);
}

//===== Void Setup LCD
=====
void setupLCD()
{
    lcd.begin(20, 4);
    pinMode(12,INPUT_PULLUP);
}

//===== Loop GPS
=====
void loopGPS()
{
    while (Serial3.available() > 0) ///////////////tidak di void
setup??
    if (gps.encode( Serial3.read() ))
    if (gps.location.isValid())
    {
        lattitude = gps.location.lat();
        longitude = gps.location.lng();
    }

    Serial.print(lattitude, 8) ;
    Serial.print('\t');
    Serial.println(longitude, 8);
}

```

```

    }

//===== Loop Auto GPS
=====

//PID kontrol
void loopPID_GPS()
{
    switch (target)
    {
        case 1:
            target_lat = -7.286423, target_lon = 112.796036;
            break;
        case 2:
            target_lat = -7.286524, target_lon = 112.795998;
            break;
        case 3:
            target_lat = -7.286671, target_lon = 112.796013;
            break;
        case 4:
            target_lat = -7.286792, target_lon = 112.796021;
            break;
        case 5:
            target_lat = -7.286939, target_lon = 112.796051;
            break;
    }

//perhitungan jarak
    jarak = (sqrt(pow(target_lat - latitude, 2) +
pow(target_lon - longitude, 2)))*110574.6108;
    sudutCompass = (atan2((target_lat - latitude),
(target_lon - longitude))*(180 / PI));
    sudutTujuan = fmod((450.0 - sudutCompass), 360.0);
    errorSudut = sudutTujuan -
data_terima_headingDegrees;

    PID_kontrol = kontrol_P*errorSudut -

```

```

kontrol_D*errorSudutSebelum + kontrol_I*errorSudutSebelum;
    errorSudutSebelum = errorSudut;

    motor_kiri = 80 + PID_kontrol;

    if (motor_kiri > 90)
    {
        motor_kiri = 90;
    }

    motor_kanan = 80 - PID_kontrol;

    if (motor_kanan > 90)
    {
        motor_kanan = 90;
    }

    if(jarak < 2 && target < 5 )
    {
        target = target + 1;
        char data_lat[12];
        char data_long[12];
        char data_errorSudut[12];
        char data_PID_kontrol[12];
        sprintf(data_lat,"%f F", lattitude);
        HC_12.print("Latitude :");
        HC_12.print(data_lat);
        sprintf(data_long,"%f F", longitude);
        HC_12.print("Longitude :");
        HC_12.println(data_long);
        sprintf(data_errorSudut,"%f F", errorSudut);
        HC_12.print("errorSudut :");
        HC_12.println(data_errorSudut);
        sprintf(data_PID_kontrol,"%f F", PID_kontrol);
        HC_12.print("PID_kontrol :");
        HC_12.println(data_PID_kontrol);
    }
    if(jarak < 2 && target == 5)
    {

```

```

    motor_kiri = 0;
    motor_kanan = 0;
}
motor_gerak(motor_kiri+6,motor_kanan);

}

```

```

//===== Loop Compass
=====

```

```

void loopCompass() {

while (Serial5.available()) {
// get the new byte:
usart1_data = Serial5.read();
if(usart1_status==0)
{
if(usart1_data=='i')
{
usart1_status=1;
}
else usart1_status=0;
}
else if(usart1_status==1)
{
if(usart1_data=='t')
{
usart1_status=2;
}
else usart1_status=0;
}
else if(usart1_status==2)
{
if(usart1_data=='s')
{
usart1_status=3;
}
else usart1_status=0;
}
else if(usart1_status==3)

```

```

        {
            switch(data_slave_ke)
            {
                case 0:          buffer_data[0]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 1:          buffer_data[1]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 2:          buffer_data[2]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 3:          buffer_data[3]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 4:          buffer_data[4]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 5:          buffer_data[5]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 6:          buffer_data[6]      =
usart1_data;data_slave_ke++;break;
                case 7:          buffer_data[7]      =
usart1_data;data_slave_ke++;memcpy(&data_terima_heading,
buffer_data, 4);memcpy(&data_terima_headingDegrees,
buffer_data+4, 4);data_slave_ke=0;usart1_status=0;break;
            }
        }
    }

    // Serial.print(data_terima_heading);
    Serial.println(data_terima_headingDegrees);

}

//===== Loop HC-12
=====

void loopHC_12()
{
    char data_lat[12];
    char data_long[12];
    sprintf(data_lat,"%f F", latitude);
    HC_12.print("Latitude :");
    HC_12.print(data_lat);
}

```

```

    sprintf(data_long,"%f F", longitude);
    HC_12.print("Longitude :");
    HC_12.println(data_long);

}
//===== Loop Bluetooth
=====

void loopBluetooth()
{

    // Keep reading from HC-05 and send to Arduino Serial
Monitor
    if (BTSerial.available(>0)
    {
        val = BTSerial.read();
        Serial.println(val);
        if(val == '6') status_otomatis = !status_otomatis;
    }

}

//===== Loop LCD
=====

void loopLCD()
{
    int tombol = 1;
    tombol = digitalRead(12);

    if(tombol == 0)
    {
        menu++;
        delayMicroseconds(30);
        lcd.clear();
        if(menu > 1)
        {
            menu = 0;
        }
    }
}
switch (menu)

```



```

    {
        case 0:
            sprintf(lcd_data, "Muhammad Fikri 2015");
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print(lcd_data);

            sprintf(lcd_data, "status : %d ", auto_mode );
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print(lcd_data);

            sprintf(lcd_data, "Lat : %3.7f", latitude);
            lcd.setCursor(0, 2);
            lcd.print(lcd_data);

            sprintf(lcd_data, "Long: %3.7f", longitude);
            lcd.setCursor(0, 3);
            lcd.print(lcd_data);
            break;

        case 1:
            sprintf(lcd_data, "luthfi");
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print(lcd_data);

            sprintf(lcd_data, "Compass      :      %4.2f",
data_terima_headingDegrees);
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print(lcd_data);

            sprintf(lcd_data, "Error Sudut : %4.2f", errorSudut);
            lcd.setCursor(0, 2);
            lcd.print(lcd_data);

            sprintf(lcd_data, "Jarak : %4.2f", jarak);
            lcd.setCursor(0, 3);
            lcd.print(lcd_data);
            break;
    }
}

```

```

void ambil_data()
{
    if(Serial1.available()>0)
    {
        if(terima_lidar)
        {
            data_arah = Serial1.read();
            ada_data = true;
        }
        else
        {
            data_arah = Serial1.read();
            data_arah = 0;
        }
    }
}

void tentukan_arah(char data)
{
    if(data == 'A')
    {
        sudut_geser = data_terima_headingDegrees + 20;
        if(sudut_geser > 360)
        {
            sudut_geser = sudut_geser - 360;
            //penanda = 2;
        }

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print(data_terima_headingDegrees);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print(data);
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print(sudut_geser);
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print("PROSES");
        penanda = 1;
    }
}

```

```

motor_kanan = 65;
motor_kiri = 120;
waypoint = false;
data = 0;
}
else if(data == 'B')
{
sudut_geser = data_terima_headingDegrees - 20;
if(sudut_geser <= 0)
{
sudut_geser= 360-abs(sudut_geser);
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(data_terima_headingDegrees);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(data);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(sudut_geser);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("PROSES");
penanda = 2;
motor_kanan = 120;
motor_kiri = 65;
waypoint = false;
data = 0;
}
else if(data == 'C')
{
sudut_geser = data_terima_headingDegrees - 20;
if(sudut_geser <= 0)
{
sudut_geser= 360-abs(sudut_geser);
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(data_terima_headingDegrees);

```

```

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(data);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(sudut_geser);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("PROSES");
    penanda = 2;
    motor_kanan = 120;
    motor_kiri = 65;
    waypoint = false;
    data = 0;
}

else if(data == 'D')
{
    sudut_geser = data_terima_headingDegrees + 20;
    if(sudut_geser > 360)
    {
        sudut_geser = sudut_geser - 360;
        //penanda = 6;
    }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(data_terima_headingDegrees);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(data);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(sudut_geser);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("PROSES");
    penanda = 3;
    motor_kanan = 65;
    motor_kiri = 120;
    waypoint = false;
    data = 0;
}
else if(data == 'E')
{
    sudut_geser = data_terima_headingDegrees + 10;

```

```

if(sudut_geser > 360)
{
    sudut_geser = sudut_geser - 360;
    //penanda = 8;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(data_terima_headingDegrees);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(data);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(sudut_geser);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("PROSES");
penanda = 4;
motor_kanan = 65;
motor_kiri = 120;
waypoint = false;
data = 0;
}
else if(data == 'F')
{
    sudut_geser = data_terima_headingDegrees - 10;
    if(sudut_geser <= 0)
    {
        sudut_geser= 360-abs(sudut_geser);
    }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(data_terima_headingDegrees);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(data);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(sudut_geser);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("PROSES");
    penanda = 5;
    motor_kanan = 120;
}

```

```

        motor_kiri = 65;
        waypoint = false;
        data = 0;
    }
    motor_gerak(motor_kiri,motor_kanan);

}

void menghindar(int arah)
{
    motor_gerak(motor_kiri+6,motor_kanan);
    //loopCompass();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(data_terima_headingDegrees);
    if(arah == 1)
    {
        if(data_terima_headingDegrees >=
sudut_geser&&!terima_lidar)
        {
            motor_kanan = 0;
            motor_kiri = 0;
            motor_gerak(motor_kiri,motor_kanan);
            lcd.setCursor(0,3);
            lcd.print("SELESAI");
            terima_lidar = true;
        }
    }

    else if(arah == 2)
    {
        if(data_terima_headingDegrees <=
sudut_geser&&!terima_lidar)
        {
            motor_kanan = 0;
            motor_kiri = 0;
            motor_gerak(motor_kiri,motor_kanan);
            lcd.setCursor(0,3);

```

```

        lcd.print("SELESAI");
        terima_lidar = true;
    }
}

else if(arah == 3)
{
    if(data_terima_headingDegrees >=
sudut_geser&&!terima_lidar)
    {
        motor_kanan = 0;
        motor_kiri = 0;
        motor_gerak(motor_kiri,motor_kanan);
        // lcd.setCursor(0,3);
        // lcd.print("SELESAI");
        terima_lidar = true;
    }
}

else if(arah == 4)
{
    if(data_terima_headingDegrees >=
sudut_geser&&!terima_lidar)
    {
        motor_kanan = 0;
        motor_kiri = 0;
        motor_gerak(motor_kiri,motor_kanan);
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print("SELESAI");
        terima_lidar = true;
    }
}

else if(arah == 5)
{
    if(data_terima_headingDegrees <=
sudut_geser&&!terima_lidar)
    {
        motor_kanan = 0;

```

```

    motor_kiri = 0;
    motor_gerak(motor_kiri,motor_kanan);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("SELESAI");
    terima_lidar = true;
  }
}
}

```

```

//===== Setup Program Utama
=====

```

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(115200);
  setupBluetooth();
  setupGPS();
  setupCompass();
  HC_12.begin(9600);
  setupLCD();
  setupESC();
  pinMode(11,OUTPUT);
}

```

```

//===== Loop Program Utama
=====

```

```

void loop()
{
  loopBluetooth();
  loopGPS();
  loopCompass();
  ambil_data();
  loopHC_12();
}

```



```

if(status_otomatis== 0)
{
    kapal_gerak_manual(val);
}
else if(status_otomatis == 1)
{
    switch(status_waypoint)
    {
        case 0 : // manual
            loopPID_GPS();
            digitalWrite(11,LOW);
            if(ada_data)
            {
                tentukan_arah(data_arah);
                terima_lidar = false;
                ada_data = false;
                status_waypoint = 1;
            }
            break;
        case 1 : // otomatis
            //loopPID_GPS();
            if(!terima_lidar&&!ada_data)
            {
                menghindar(penanda);
            }
            if(terima_lidar)status_waypoint = 0;
            break;
    }
}
}

```


LAMPIRAN B

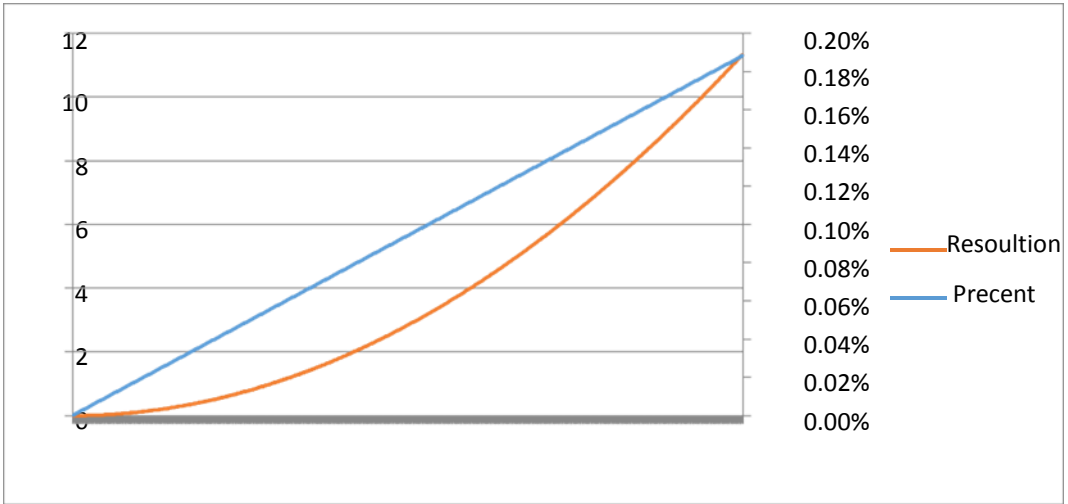
Pengambilan data didanau



LAMPIRAN C

Datasheet RPLIDAR A1

Item	Unit	Min	Typical	Max	Comments	
Distance Range	Meter(m)	TBD	A1M8-R4	0.15 - 6	TBD	White objects
			And the belowin			
Angular Range	Degree	n/a	A1M8-	0-360	n/a	n/a
			0-360			
Distance Resolution	mm	n/a	<0.5	<1% of the distance	n/a	<1.5 meters
			<1% of the distance			All distance range*
Angular Resolution	Degree	n/a	≤1	n/a	5.5Hz scan rate	
Sample Duration	Millisecond(ms)	n/a	0.125		n/a	
Sample Frequency	Hz	n/a	≥8000		8010	
Scan Rate	Hz	1	5.5	10	Typical value is measured when RPLIDAR A1 takes 360 samples per scan	



Lampiran 1 Resolusi RPLIDAR A1

Datasheet HMC5883L

Pin	Name	Description
1	SCL	Serial Clock – I ² C Master/Slave Clock
2	VDD	Power Supply (2.16V to 3.6V)
3	NC	Not to be Connected
4	S1	Tie to VDDIO
5	NC	Not to be Connected
6	NC	Not to be Connected
7	NC	Not to be Connected
8	SETP	Set/Reset Strap Positive – S/R Capacitor (C2) Connection
9	GND	Supply Ground
10	C1	Reservoir Capacitor (C1) Connection
11	GND	Supply Ground
12	SETC	S/R Capacitor (C2) Connection – Driver Side
13	VDDIO	IO Power Supply (1.71V to VDD)
14	NC	Not to be Connected
15	DRDY	Data Ready, Interrupt Pin. Internally pulled high. Optional connection. Low for 250 usec when data is placed in the data output registers.
16	SDA	Serial Data – I ² C Master/Slave Data

BIODATA PENULIS



Muhammad Fikri merupakan nama lengkap penulis. Dilahirkan di Bangkinang 10 Mei 1997. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis mengawali kegiatan pendidikan formal di SD Muhammadiyah Bangkinang, SMPN 1 Bangkinang, SMAN PLUS PROV RIAU dan kemudian diterima di Departemen Teknik Elektro FTE ITS pada tahun 2015. Di Departemen Teknik Elektro Penulis mengambil Bidang Studi Elektronika. Selama masa studi di ITS, selain kuliah penulis juga bergabung di Tim KRAI ITS dari tahun 2015 hingga 2019 sebagai anggota dan ketua Tim KRAI ITS 2018. Kemudian penulis juga terlibat dalam organisasi kedaerahan sebagai Ketua PPMK-Surabaya Tahun 2016-2018. Tidak ada spesial dari segi prestasi penulis selama perkuliahan, kecuali menjuarai lomba regional dan nasional dalam bidang Kontes Robot ABU Indonesia dan kemudian penulis juga ikut sebagai Peserta pada perlombaan ABUROBOCON 2018.

Email : fikri.dantruco@gmail.com
Hp/WA : 081364367853/081331040328

