

Sistem Penghindar Halangan Dengan Metode LIDAR Pada Unmanned Surface Vehicle

Muhammad Fikri, Muhammad Rivai

Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

E-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id

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 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. 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.

I. PENDAHULUAN

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]. Hal ini harus mendapat perhatian khusus dari pemerintah untuk mengamankan kedaulatan Negara dalam hal ini yang berperan penting yaitu 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 TNI AL adalah jumlah kapal patroli, jumlah personil, 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 personil sehingga kebutuhan dana dapat dialihkan untuk menambah jumlah armada kapal patroli USV.

Pada penelitian 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 [2]. 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.

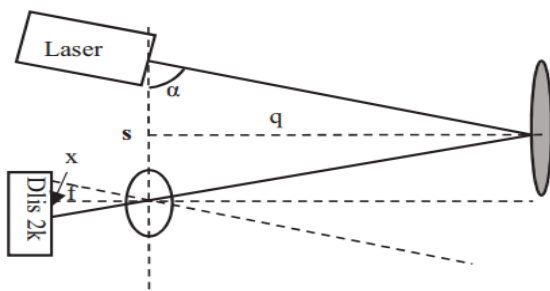
Akibat adanya kekurangan pada setiap sensor, maka dibutuhkan perangkat tambahan untuk melengkapi sistem penghindar halangan pada USV. *Light Detection and Ranging* (LIDAR) adalah sebuah teknologi sensor jarak jauh yang menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu 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.

II. DASAR TEORI

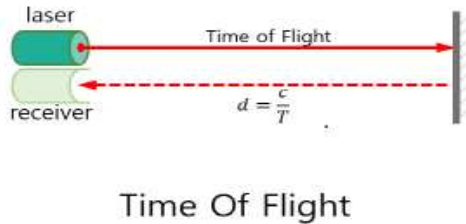
A. Unmanned Surface Vehicle

Unmanned Surface Vehicle merupakan wahana tanpa awak yang dapat dioperasikan diatas permukaan air [3], [4]. USV dikendalikan secara otomatis dengan memberikan perintah-perintah seperti waypoint, melalui Ground Control Station (GCS) [5]. USV dapat mengirimkan data-data GCS secara realtime melalui telemetri. USV biasanya digunakan selain untuk kapal riset juga dapat digunakan sebagai kapal survei, inspeksi keadaan perbatasan laut dan juga bisa digunakan sebagai alat operasi penyelamatan.

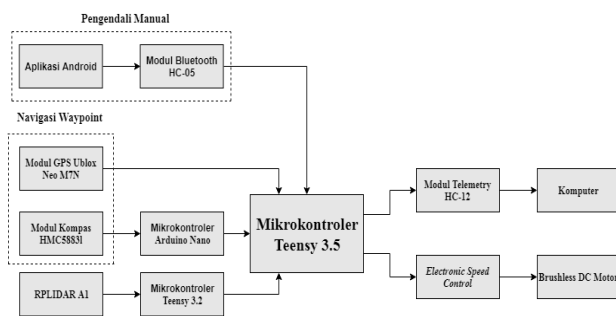
Jenis kapal yang sering digunakan untuk melakukan survei atau riset yaitu kapal katamaran (Cattamaran). Jenis kapal ini memiliki dua buah lambung kapal atau dua buah badan kapal. Kapal katamaran memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan kapal lambung tunggal yaitu stabilitas melintang yang lebih baik, hambatan yang nilainya kecil, dan area geladak yang lebih luas [6].



Gambar. 2 Cara kerja LIDAR triangulasi



Gambar. 3 Cara kerja LIDAR ToF

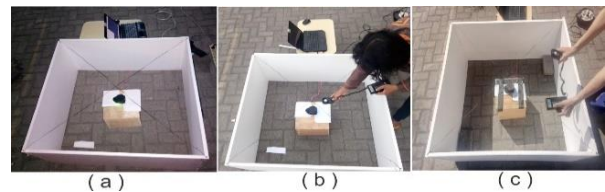


Gambar. 4 Blok diagram sistem Unmanned Surface Vehicle

B. 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 atau permukaan adalah dengan menggunakan pulsa laser [7]. Prinsip dasar sensor LIDAR yaitu, 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.

Berdasarkan metode pengukuran jarak LIDAR dibagi menjadi dua bagian, pertama triangulasi. Cara kerja LIDAR triangulasi yaitu memanfaatkan perhitungan persamaan segitiga. Laser memancarkan laser inframerah yang kemudian dipantulkan oleh objek yang dideteksi. Cahaya melewati lensa lubang jarum dan mengenai sensor kamera CCD. Ini berarti bahwa jarak ke objek sebanding dengan sudut cahaya yang dipantulkan, dan dapat memperkirakan jarak aktual menggunakan konsep persamaan trigonometri segitiga [8]. Kedua Time of Flight (ToF). Cara kerja LIDAR ToF dengan memancarkan sinar laser terhadap objek dan kemudian pantulan dari sinar tersebut akan diterima oleh receiver. Waktu tempuh sejak sinar dipancarkan sampai diterima kembali akan menjadi pembagi dari kecepatan



Gambar. 1 Pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi LIDAR pada intensitas 180 Lux (a), intensitas 1274 Lux (b), intensitas 20800 Lux (c)

cahaya. Perbandingan antara kecepatan cahaya dan waktu akan menghasilkan data jarak [9].

C. Sistem Navigasi

Navigasi merupakan ilmu pengetahuan dalam menentukan posisi kapal di laut dengan mengemudikan (*streering*) 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 [10]. 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.

D. Waypoint

Waypoint merupakan suatu sistem yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak secara otomatis menuju lokasi-lokasi yang telah ditentukan [11],[12]. Navigasi waypoint bekerja dengan cara membuat titik-titik lokasi yang akan dilalui oleh kapal, kemudian kapal dapat mengikuti jalur yang telah terbentuk menuju titik-titik lokasi tujuan yang telah ditentukan [13]. Setelah menentukan lokasi yang ingin dituju kemudian dimasukkan sistem controller sehingga dapat bergerak dari titik ke titik secara otomatis.

III. PERANCANGAN SISTEM

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. Blok diagram dapat dilihat pada Gambar 3.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Pembacaan Jarak LIDAR Tiap Sudut Orientasi LIDAR

Tabel. 3
Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 180 lux.

<i>Sudut</i>	<i>Jarak Sebenarnya (mm)</i>	<i>Jarak Pembacaan LIDAR (mm)</i>	<i>Error (%)</i>
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

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 1, 2, 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.

B. 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 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 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



Gambar. 5 Pengujian pembacaan LIDAR pada permukaan tanah (a), permukaan air (b)

Tabel. 1
Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 1274 lux.

<i>Sudut</i>	<i>Jarak Sebenarnya (mm)</i>	<i>Jarak Pembacaan LIDAR (mm)</i>	<i>Error (%)</i>
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

Tabel. 2
Hasil pengujian jarak LIDAR tiap sudut orientasi lidar pada intensitas cahaya 20800 lux.

<i>Sudut</i>	<i>Jarak Sebenarnya (mm)</i>	<i>Jarak Pembacaan LIDAR (mm)</i>	<i>Error (%)</i>
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

air dengan pembacaan LIDAR pada permukaan tanah tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Tabel. 5
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 Error		191,52	2,24

Tabel. 6
Pengujian Pembacaan jarak LIDAR pada permukaan air dengan intensitas cahaya 1310 Lux.

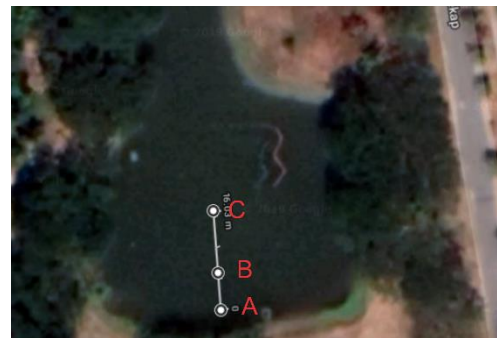
Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak Pembacaan LIDAR (mm)	Error (mm)	Error (%)
1000	1005	5	0,50
1500	1511	11	0,73
2000	2012	12	0,60
2500	2508	8	0,32
3000	3011	11	0,37
3500	3517	17	0,49
4000	4018	18	0,45
4500	4556	56	1,24
5000	5074	74	1,48
5500	5614	114	2,07
6000	6163	163	2,72
6500	6659	159	2,45
7000	7193	193	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 Error		184,48	2,20

C. 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

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

Sudut Sebenarnya (derajat)	Sudut Terbaca (derajat)	Error (%)
0	0	0
10	12	4,76
20	21	9,09
30	33	4,76
40	42	1,96
50	51	4,76
60	63	2,77
70	72	4,76
80	84	2,17
90	92	0,99
100	101	1,78
110	112	2,43
120	123	2,98
130	134	3,44
140	145	1,96
150	153	1,23
160	162	0,58
170	175	2,85
180	182	4,76



Gambar. 6 Lokasi pengujian sistem penghindar halangan

aplikasi kompas yang terdapat pada *smartphone*. Jarak yang akan diuji coba yaitu dimulai dari 0° sampai 180°.

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

D. 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. Hasil pengujian kecepatan kapal dapat dilihat pada tabel 7. Dari hasil pengujian terlihat bahwa semakin besar nilai konstanta PWM yang diberikan, maka kecepatan kapal akan semakin meningkat.

E. Pengujian Navigasi Waypoint

Unmanned Surface Vehicle dapat bergerak secara otomatis dengan bantuan navigasi *waypoint* pada GPS. Navigasi *waypoint* tersebut bekerja berdasarkan titik-titik lokasi yang

Tabel. 7
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

Tabel. 8
Nilai longitude dan latitude

No	Lokasi Tujuan	Latitude	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

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 8

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 9.

F. 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 7.

Sistem diberikan perintah navigasi dari kordinat A menuju kordinat C. Parameter keberhasilan dari pengujian ini adalah sistem mampu menghindari halangan yang telah di persiapkan 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 10. Hasil dari pengujian pertama yakni robot dapat menghindari tanpa ada mengalami tabrakan terhadap halang.

Tabel. 9
Hasil pengujian *waypoint*

No	Latitude	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

Tabel. 10
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. 11
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

Tabel. 12
Hasil pengujian penghindar halangan di depan 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

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 11. 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.

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 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

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

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%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "BIG | Bersama Menata Indonesia Yang Lebih Baik." [Online]. Available: <http://www.big.go.id/berita-surta/show/rujukan-nasional-data-kewilayahan-luas-nkri-8-3-juta-kilometer-persegi>. [Accessed: 21-Jun-2019].
- [2] T. Xinchai, Z. Huajun, C. Wenwen, Z. Peimin, L. Zhiwen, and C. Kai, "A Research on Intelligent Obstacle Avoidance for Unmanned Surface Vehicles," in *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, 2018, pp. 1431–1435.
- [3] D. Permana, M. Rivai, and A. N. Irfansyah, "Unmanned Surface Vehicle Untuk Mencari Lokasi Tumpahan Minyak Menggunakan Ardupilot Mega," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, Jan. 2019.
- [4] M. D. L. Radimas Putra, M. Rivai, and A. N. Irfansyah, "Unmanned Surface Vehicle Navigation Based on Gas Sensors and Fuzzy Logic Control to Localize Gas Source," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1201, p. 012001, May 2019.
- [5] Z. Peng, Y. Tian, D. Wang, and L. Liu, "Autopilot design for a robotic unmanned surface vehicle," in *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*, 2015, pp. 6116–6120.
- [6] "Katamaran - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas." [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Katamaran>. [Accessed: 09-Jul-2019].
- [7] "LIDAR - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas." [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/LIDAR>. [Accessed: 09-Jul-2019].
- [8] F. Blais, "Review of 20 years of range sensor development," *J. Electron. Imaging*, vol. 13, no. 1, p. 231, Jan. 2004.
- [9] J. Illade-Quinteiro, V. Brea, P. López, D. Cabello, and G. Doménech-Asensi, "Distance Measurement Error in Time-of-Flight Sensors Due to Shot Noise," *Sensors*, vol. 15, no. 3, pp. 4624–4642, Feb. 2015.
- [10] A. A. Kurniawan, M. Rivai, and J. A. R. Hakim, "Sistem Pemandu Pendaratan pada Balon Udara Berbasis Pengolahan Citra dan Kendali PID," vol. 5, no. 2, p. 7, 2016.
- [11] F. R. Saputra and M. Rivai, "Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, Mar. 2018.
- [12] M. Husni, DO Siahaan, HT Ciptaningtyas, H Studiawan, YP Aliarham, "", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 128 No. 1, 2016, pp. 012-026
- [13] A. Hidayanto, M. Rivai, and A. N. Irfansyah, "Sistem Autodocking Mobile Robot Berbasis Suara Untuk Pengisian Ulang Baterai," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, Jan. 2019.