

RANCANG BANGUN PURWARUPA SISTEM NAVIGASI TANPA AWAK UNTUK KAPAL

Budi Cahyo Suryo Putro S.¹⁾, Adian Fatchur Rochim²⁾, Eko Didik Widiyanto²⁾

Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstract— Indonesia is a maritime country with two of the three area consists of sea with a very favorable potential of the Indonesian economy. However, many thefts occur in marine fish Indonesia. Each year, the state must lose up to 11.8 trillion as a result of illegal fishing in the Arafura Sea. The Government has attempted to reduce losses due to illegal fishing by deploying surveillance vessels to conduct surveillance, but the ship still has limitations on deadlines related to logistics and fuel oil. Therefore, research must be done to develop a system of unmanned ship for patrol boats to patrol autonomously without the use of fuel oil.

The system consists of hardware and software. The hardware consists of sensors such as GPS and compass as a navigational reference, Sonar sensor for obstacle avoidance, ATmega 2560 as a microcontroller and motor driver as the actuator. The software is built using C with Arduino IDE compatible with AVR microcontroller. The system will read the GPS coordinates and compass direction in order to run unmanned. The system is also equipped with a transmitter to control the system manually.

The results show the system is able to move the ship to navigate automatically. The system able to read the GPS coordinates and the reading direction of the compass well. The system also able to avoid obstacles that are in front of the system. The system is also able to be manually controlled and can transmit serial data to identify the condition of the system.

Keywords: *USV, GPS, Compass, Automatic Navigation System*

I. PENDAHULUAN

Navigasi kapal merupakan bagian terpenting pada kapal untuk dapat mencapai tujuan. Pada zaman dahulu orang memanfaatkan benda-benda langit seperti matahari, maupun bintang-bintang di langit untuk menentukan arah pelayaran. Cara tersebut tentu saja membutuhkan pengetahuan yang sulit dipahami dan tidak semua orang mampu melakukannya.

Penelitian telah banyak dilakukan untuk dapat melakukan navigasi dengan baik dan efektif. Penggunaan navigasi bukan hanya di laut, namun juga di darat dan di udara. Setiap tempat tentu saja memiliki faktor positif dan negatif untuk melakukan navigasi yang efektif.

Sistem navigasi tanpa awak juga telah banyak diteliti. Perancangan sistem navigasi pada kapal (MCST-1 ship Autopilot) untuk mendukung sistem Autopilot yang

dilakukan oleh Prasetyo (2012) mengalami beberapa kegagalan pada sistem, yaitu terjadi kesalahan pembacaan pada sensor kompas, ultrasonik dan rudder yang tidak berjalan sesuai yang diharapkan.

Dari beberapa pemaparan diatas maka timbullah ide untuk menyempurnakan sistem yang sudah ada. Sistem yang dibuat pada Tugas Akhir ini memiliki perbedaan struktur dibanding penelitian sebelumnya, yaitu sensor ultrasonik hanya menggunakan satu buah dengan penambahan servo, penambahan propeler untuk menggerakkan kapal tanpa rudder, serta penyempurnaan sensor kompas yang disini menggunakan CMPS10 dibandingkan CMPS03

II. DASAR TEORI

Penelitian yang akan dilakukan berlandaskan pada berbagai teori yang memungkinkan tujuan penelitian dapat tercapai. Teori-teori tersebut menjadi dasar yang membangun penelitian dengan memberikan definisi dan penjabaran yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, berikut Landasan Teori tersebut.

2.1 Kapal

Pengertian kapal menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut, sungai dan sebagainya. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu kecil seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah Inggris, dipisahkan antara ship yang lebih besar dan boat yang lebih kecil. Secara kebiasaannya kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya dimana sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat.

2.2 Navigasi dan Kontrol Kendaraan Otonom

Menurut Schworer (2005) navigasi dan kontrol dari sebuah kendaraan otonom merupakan tugas yang sangat kompleks. Untuk membuat kendaraan mampu berjalan tanpa awak membutuhkan pengetahuan teoritikal dan praktikal tentang navigasi itu sendiri. Sebuah kendaraan tanpa awak harus mampu menentukan pilihan dan merespon situasinya sendiri. Navigasi dan kontrol merupakan batasan dari performa keseluruhan, akurasi dan kesempurnaan dari kendaraan otonom.

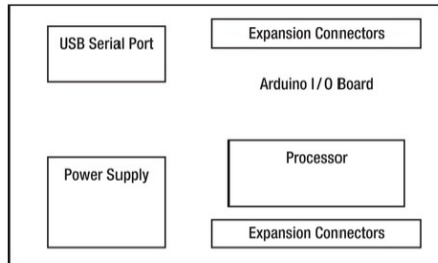
Ada dua tipe penggunaan dari kendaraan otonom yang sudah ada, yaitu penggunaan militer dan penggunaan konsumen. Perkembangan kendaraan otonom pada bidang militer berkembang dengan sangat cepat dikarenakan

konflik dunia. Sedangkan untuk penggunaan kendaraan otonom di bidang konsumen dipicu oleh harga peralatan yang semakin murah sehingga membuat kendaraan otonom mampu didapatkan dengan harga yang terjangkau.

Navigasi sendiri merupakan tantangan besar bagi periset dan insinyur dalam mendisain sebuah kendaraan otonom. Navigasi merupakan kunci dari suksesnya kendaraan otonom. Navigasi menjelaskan bagaimana sebuah kendaraan otonom mampu bergerak secara pintar dan berinteraksi dengan lingkungannya. Ada dua fokus utama dari navigasi, yaitu perencanaan jalur dan penghindaran rintangan.

2.3 Arduino

Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open-source hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino pada awalnya dikembangkan di Ivrea, Italia. Nama Arduino adalah sebuah nama maskulin yang berarti teman yang kuat. Platform arduino terdiri dari arduino board, shield, bahasa pemrograman arduino, dan arduino development environment. Arduino board biasanya memiliki sebuah chip dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. Blok diagram arduino board yang sudah disederhanakan dapat dilihat pada Gambar 1. Shield adalah sebuah papan yang dapat dipasang diatas arduino board untuk menambah kemampuan dari arduino board. (Arduino.cc)



Gambar 1 Diagram blok arduino

Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada arduino board. Bahasa pemrograman arduino mirip dengan bahasa pemrograman C++.

III. PERANCANGAN SISTEM

Pada bagian ini akan dijabarkan mengenai kebutuhan dan metode yang digunakan untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Perancangan diperlukan untuk memberikan metode dan tahapan yang jelas untuk membuat sistem sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan.

3.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Proses ini dibutuhkan untuk melakukan proses identifikasi dan proses analisa kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan untuk membuat sistem. Kebutuhan-kebutuhan

tersebut terdiri atas kebutuhan fungsional dan non-fungsional, yang dijelaskan sebagai berikut.

3.1.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional dalam perancangan sistem adalah sebagai berikut:

1. Sistem mampu melakukan pelaporan status melalui komunikasi serial secara nirkabel.
2. Sistem mampu menggerakkan kapal secara manual yang diaktifkan oleh transmitter.
3. Sistem mampu melakukan navigasi dengan memanfaatkan koordinat GPS dan orientasi sistem.
4. Sistem mampu menghindari halangan selama melakukan navigasi.

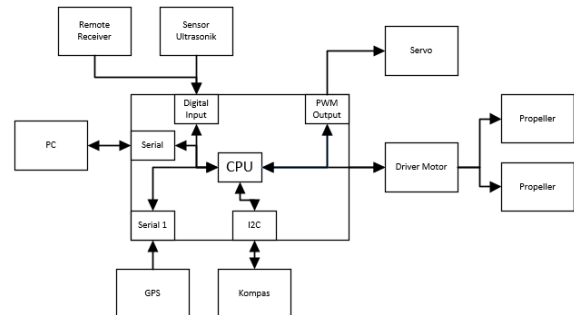
3.1.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional perancangan sistem adalah sebagai berikut:

- a. Sistem dijalankan menggunakan baterai dengan tegangan 12 V
- b. Sistem menggunakan Board Arduino dan diprogram menggunakan Arduino IDE.
- c. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk pengembangan sistem adalah bahasa C.
- d. Frekuensi dari *transmitter* adalah sebesar 2.4 Ghz

3.2 Perancangan dan Implementasi Perangkat Keras

Proses perancangan perangkat keras akan menjabarkan rancangan perangkat keras yang akan digunakan untuk membuat sistem, mulai dari perangkat keras utama yang dibutuhkan sistem hingga instrumen-instrumen elektronika pendukungnya. Pada Gambar 2 ditunjukkan diagram blok perangkat keras sistem, yang menunjukkan rancangan perangkat keras sistem yang akan dibuat.



Gambar 2 Diagram blok perangkat keras sistem

Pusat pengendalian sistem menggunakan arduino mega 2560. Komponen yang terhubung disistem diantaranya adalah penerima GPS U-blox 6 sebagai penerima koordinat GPS, modul kompas CMPS10 sebagai penunjuk arah mata angin, driver motor EMS-30A sebagai driver baling-baling kapal, dan Hobbyking 6 channel transmitter sebagai pengendali manual sistem. Tabel 1 menunjukkan antarmuka pin arduino dengan komponen yang lain.

Tabel 1 Antarmuka pin komponen dengan Arduino

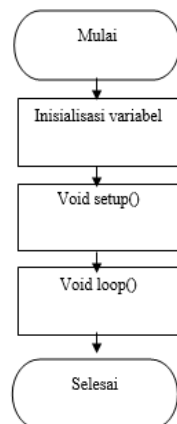
No	Antarmuka pin Arduino	Antarmuka pin komponen
1	0 (RX0)	USB Serial
2	1 (TX0)	USB Serial

3	2 (Interrupt 0)	Saluran CH5 Receiver
4	3 (Interrupt 1)	Saluran CH3 Receiver
5	4	MPWM EMS-30A kanan
6	5	MIN1 EMS-30A kanan
7	6	MIN2 EMS-30A kanan
8	7	MPWM EMS-30A kiri
9	8	MIN1 EMS-30A kiri
10	9	MIN2 EMS-30A kiri
11	11	Servo
12	14 (TX3)	rx GPS
13	15 (RX3)	tx GPS
14	16 (TX2)	rx Xbee Transceiver
15	17 (RX2)	tx Xbee Transceiver
16	18 (Interrupt 5)	Saluran CH3 Receiver
17	20 (SDA)	SDA CMPS10
18	21 (SCL)	SCL CMPS10
19	22	Echo HC-SR04
20	24	Trigger HC-SR04

pengaturan apabila ada kesalahan masukan. Setelah selesai inialisasi library CmdMessenger lanjut ke inialisasi Servo dan Inialisasi mode pin Arduino menggunakan Servo.attach dan pinMode. Setelah void setup selesai dieksekusi berikutnya adalah melakukan void loop.

3.4 Perancangan dan Implementasi Program Mikrokontroler

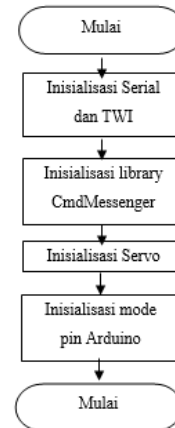
Proses perancangan perangkat lunak akan menjelaskan tahapan dalam pembuatan program yang mengendalikan perangkat keras. Perilaku sistem akan ditentukan oleh perangkat lunak yang tertanam didalamnya. Sistem harus mampu mengenali posisi melalui tiga variabel yaitu koordinat posisi GPS, Arah mata angin kompas, serta mendeteksi benda yang berada disekitar sistem.



Gambar 3 Diagram alir umum Arduino

Diagram alir secara umum arduino ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada gambar tersebut yang pertama dilakukan adalah inialisasi variabel data yang akan diproses. Selanjutnya adalah proses void setup. Dalam proses ini, berisi tentang semua perintah dan inialisasi yang akan dieksekusi secara tunggal atau hanya sekali. Proses terakhir yaitu proses void loop. Dalam proses ini, nanti akan menampilkan perintah-perintah yang akan dieksekusi secara berulang-ulang. Dalam proses void setup dapat dijabarkan menjadi digram alir. Gambar 4 menunjukkan diagram alir dari void setup.

Pertama yang akan dieksekusi adalah perintah inialisasi komunikasi Arduino melalui serial dan TWI (Two Wire Interface). Inialisasi menggunakan perintah Serial.begin, Serial1.begin dan Wire.begin. Kemudian akan dilanjutkan ke inialisasi library CmdMessenger. CmdMessenger merupakan salah satu library Arduino untuk memudahkan parsing serial. Pada inialisasi library CmdMessenger diperlukan pengaturan keluaran serial dan



Gambar 4 Diagram alir void setup

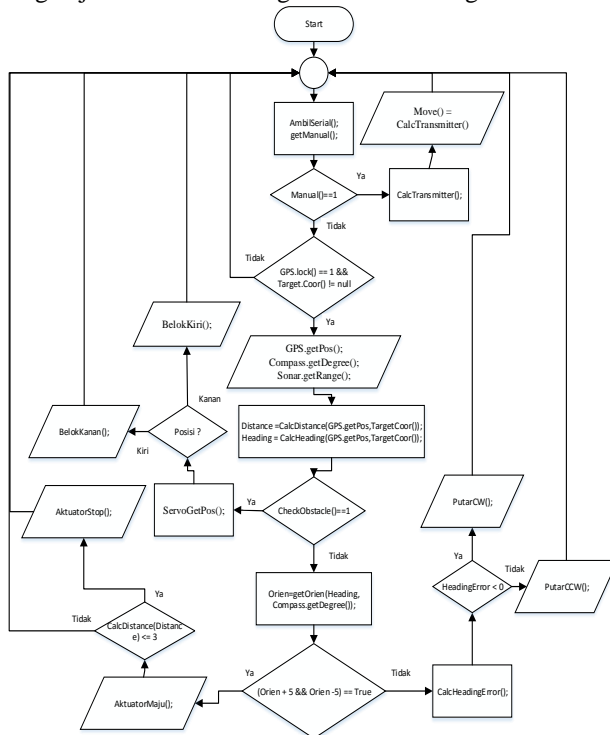
Fungsi void loop() pada arduino merupakan barisan kode yang eksekusinya dilakukan berulang-ulang. Implementasi void loop() pada sistem dijelaskan oleh diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem pada awalnya akan memproses masukan dari serial menggunakan AmbilSerial() serta mengecek kondisi transmitter menggunakan getManual(). Proses AmbilSerial() ini bertujuan untuk memecah data serial yang masuk. Data Serial yang masuk diproses supaya didapatkan koordinat target dari sistem dan dimasukkan ke TargetCoor(). Apabila sistem membaca nilai manual() bernilai 1 maka sistem akan masuk ke mode manual. Aktuator dari sistem dapat digerakkan sesuai dari keadaan transmitter. Namun, apabila sistem membaca nilai manual() bernilai selain 1 maka sistem akan mengecek kondisi GPS dan kondisi dari TargetCoor(). Sistem tidak akan melanjutkan perintah jika kondisi GPS.lock() bernilai selain 1 dan TargetCoor() masih kosong.

Perintah selanjutnya apabila nilai koordinat terpenuhi yaitu melakukan navigasi ke target. Sistem akan mengambil data dari GPS, modul kompas dan sensor jarak. Setelah itu sistem akan melakukan perhitungan jarak target dan orientasi yang dihitung dari nilai GPS saat ini dengan nilai TargetCoor(). Sistem juga melakukan pengecekan adanya halangan. Jika halangan terdeteksi maka sistem akan mengambil posisi servo dan menggerakkan sistem ke kiri atau ke kanan tergantung dari nilai posisi servo. Jika tidak ada halangan terdeteksi sistem akan melanjutkan perintah navigasi dengan melakukan perhitungan orientasi.

Perintah orientasi pada sistem bertujuan untuk mengarahkan sistem menghadap ke koordinat target. Sistem diberi toleransi sebesar 10 derajat untuk mampu menghadap ke koordinat target. Jika sistem tidak sedang menghadap ke koordinat target maka sistem akan melakukan putaran secara searah jarum jam atau sebaliknya tergantung dari nilai HeadingError(). Jika sistem telah menghadap ke target maka sistem akan menggerakkan aktuator untuk maju ke koordinat target.

Sistem akan berhenti apabila jarak koordinat dari sistem dengan jarak koordinat target bernilai kurang dari 3 meter.

oleh komponen. Sistem membutuhkan tegangan masukan DC 12 Volt.



Gambar 5 Diagram alir void loop

3.5 Perancangan Pengujian

Pengujian diperlukan untuk membuktikan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan dan mampu memberikan perilaku sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Sistem diletakkan pada kapal berukuran panjang x lebar x tinggi sebesar 67 x 43 x 38 cm yang memiliki 2 Motor Penggerak 12 volt. Pada Gambar 6 menunjukkan gambar purwarupa kapal uji yang telah dipasang sistem. Pengujian akan dilakukan dalam berbagai bentuk untuk menguji keberhasilan sistem.



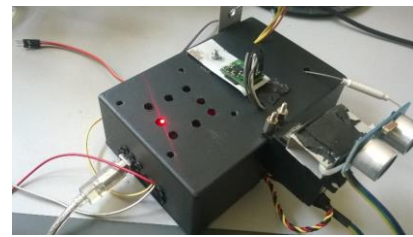
Gambar 6 purwarupa kapal uji

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis ini akan menjelaskan tentang pengujian sistem, apakah fungsi-fungsi pada sistem telah berjalan dengan baik atau tidak. Sistem diuji apakah sesuai dengan perancangan yang dilakukan di bab sebelumnya..

4.1 Pengujian Unit

Pengujian unit menunjukkan apakah sistem sudah memiliki perangkat keras yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem. Pengujian ada atau tidaknya asap, pengujian koneksi komponen dengan papan mikrokontroler dan pengujian tegangan yang diterima



Gambar 7 implementasi sistem

4.2 Pengujian Komunikasi Serial

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan apakah keseluruhan sistem mampu bekerja dengan baik dalam melaporkan kondisi dan perilaku sistem melalui serial secara nirkabel. Pada dasarnya setiap perilaku dari sistem akan mengirimkan data keluar melalui port serial. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beberapa kondisi tertentu pada sistem. Parameter dan hasil pengujian komunikasi serial ditunjukkan oleh Tabel 2. Tabel 2 Tabel hasil pengujian keluaran serial

No.	Parameter	Kondisi	Keluaran Serial
1	sistem melakukan persiapan selama 5 detik saat awal dihidupkan	Inisialisasi	"Menunggu"
2	Sistem mendeteksi halangan didepan	Deteksi halangan	"Halangan Terdeteksi"
3	Sistem dijalankan dengan transmitter	Kontrol Manual	"Manual"
4	Sistem melakukan penyimpanan koordinat keberangkatan	Mengunci koordinat keberangkatan	"Koordinat start tersimpan"
5	Sistem berjalan maju	Maju	"Maju"
6	Sistem berhenti	Berhenti	"Berhenti"
7	Sistem belok kiri	Belok kiri	"Belok kiri"
8	Sistem belok kanan	Belok kanan	"Belok kanan"
9	Sistem berjalan mundur	Mundur	"Mundur"
10	Sistem mencari arah dimana koordinat tujuan berada	Mencari arah	"Mencari heading"
11	Navigasi otomatis dilakukan	Melakukan navigasi otomatis	"Eksekusi otomatis"
12	Sistem telah mencapai tujuan	Sampai di tujuan	"destinasi tercapai"
13	Sistem menunggu koordinat gps terkunci	Menunggu koordinat gps terkunci	"menunggu gps lock"
14	Sistem menunggu user memasukan koordinat tujuan	Belum ada masukan koordinat gps tujuan	"koordinat tujuan masih kosong"

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Tabel 2 ditunjukkan bahwa sistem sudah mampu mengirimkan pelaporan serial dengan baik.

Pengujian jarak interkoneksi nirkabel juga dilakukan untuk mengetahui seberapa jarak optimal untuk melakukan pengiriman atau penerimaan data. Sistem diuji dengan mengirimkan sejumlah 10 karakter kepada sistem melalui komunikasi serial Xbee. Karakter yang dikirim diolah dan dikirimkan kembali oleh sistem kembali ke Xbee lainnya. Pengujian dilakukan dalam jarak yang berbeda-beda untuk mengetahui berapa jarak optimal untuk melakukan komunikasi nirkabel. Parameter

keberhasilan dalam pengujian ini ditentukan oleh ada atau tidaknya karakter yang hilang atau error selama pengiriman. Hasil pengujian jarak interkoneksi nirkabel ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian jarak optimal transmisi nirkabel

No	Jarak (Meter)	Karakter dikirim	Karakter diterima	Keterangan
1	1	abcdefghijkl	abcdefghijkl	Respon sesuai
2	2	abcdefghijkl	abcdefghijkl	Respon sesuai
3	3	abcdefghijkl	abcdefghijkl	Respon sesuai
4	4	abcdefghijkl	abcdefghijkl	Respon sesuai
5	5	abcdefghijkl	abcdefghijkl	Respon sesuai
6	6	abcdefghijkl	abcdefghijkl	Respon sesuai
7	7	abcdefghijkl	abcdghij	Respon tidak sesuai, data hilang sebagian
8	8	abcdefghijkl	efghij	Respon tidak sesuai, data hilang sebagian
9	9	abcdefghijkl	-	Respon tidak sesuai, data tidak diterima
10	10	abcdefghijkl	-	Respon tidak sesuai, data tidak diterima

Pengujian yang dilakukan menunjukkan data yang dikirim memiliki respon yang baik hingga jarak 6 meter. Pengujian yang dilakukan pada jarak 7 dan 8 meter menunjukkan data diterima dengan sebagian data yang hilang. Pengujian pada jarak 9 hingga 10 meter tidak menunjukkan adanya respon sama sekali.

4.3 Pengujian Kontrol Manual

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan apakah keseluruhan sistem mampu bekerja dengan baik saat menggunakan kontrol manual. Sistem memiliki receiver yang mampu terhubung langsung dengan transmitter. Sistem hanya menggunakan tiga dari enam saluran yang tersedia. Tabel 4 menunjukkan respon sistem terhadap pergerakan baling-baling.

Tabel 4 Tabel hasil pengujian respon kontrol manual

No	Posisi Transmitter			Respon
	Manu al	Motor Kiri	Motor Kanan	
1	0	X	X	Kontrol Navigasi Manual Nonaktif
2	1	tengah	tengah	Kontrol Manual Aktif, baling-baling diam
3	1	atas	Tengah	baling-baling kiri berputar menggerakkan sistem untuk maju
4	1	bawah	tengah	baling-baling kiri berputar menggerakkan sistem untuk mundur
5	1	tengah	Atas	baling-baling kanan menggerakkan sistem untuk maju
6	1	tengah	Bawah	baling-baling kanan berputar menggerakkan sistem untuk mundur
7	1	atas	Atas	Kedua baling-baling berputar menggerakkan sistem untuk maju
8	1	bawah	bawah	Kedua baling-baling berputar menggerakkan sistem untuk mundur

Selain itu sistem juga diuji kecepatan lurus dan kecepatan putaran di atas air menggunakan kapal yang telah disiapkan. Hasil pengujian kecepatan lurus

ditunjukkan oleh Tabel 5 dan pengujian kecepatan putaran ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 5 Tabel hasil kecepatan lurus

No	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (meter per detik)
1	15	22.34	0.671
2	15	20.64	0.726
3	15	23.11	0.649
4	15	22.66	0.661
5	15	21.96	0.683
Kecepatan Rata-rata			0.678

Tabel 6 Tabel hasil kecepatan putar

No	Putaran	Waktu (detik)	Kecepatan (putaran per detik)
1	5	30.94	0.161
2	5	35.75	0.139
3	5	32.43	0.154
4	5	33.27	0.150
5	5	32.46	0.154
Kecepatan Rata-rata			0.151

Hasil dari pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem mampu merespon keluaran transmitter dengan baik. Sistem juga mampu menggerakkan kapal uji dengan kecepatan rata-rata 0,678 meter per detik dan mampu melakukan putaran dengan kecepatan rata-rata 0,151 putaran per detik.

4.4 Pengujian Navigasi

Pengujian navigasi menguji apakah sistem mampu digunakan untuk navigasi. Sistem diuji dengan memberikan koordinat tujuan yang berjarak 20 meter dari titik keberangkatan. Sistem diamati apakah mampu sampai ke titik koordinat tujuan dan apakah mampu untuk kembali ke koordinat awal. Tempat lokasi pengujian ditunjukkan oleh Gambar 8.

Parameter keberhasilan pengujian ditentukan oleh sistem apakah mampu menggerakkan kapal mencapai titik koordinat. Sistem dipasang pada kapal uji dan diuji dengan diberangkatkan dari koordinat A menuju koordinat B yang berjarak 20 meter. Sistem dikatakan sampai pada koordinat B saat sistem mulai berhenti. Toleransi jarak dari area koordinat adalah 3 meter. Hasil pengujian navigasi ditunjukkan oleh Tabel 6. Gambar kapal saat dilakukan pengujian navigasi ditunjukkan oleh Gambar



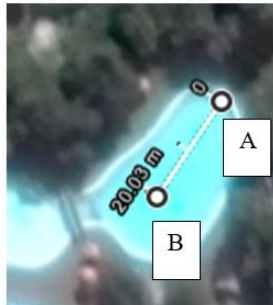
Gambar 8 Gambar lokasi pengujian

Tabel 7 Tabel hasil navigasi sistem

No	Jarak	Menuju B	Waktu
1	20	Ya	57.91
2	20	Ya	60.11
3	20	Ya	53.47
4	20	Ya	50.72
5	20	Ya	55.21
6	20	Ya	50.84
7	20	Ya	59.99
Rata-rata waktu			55.46

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan tabel 6 menunjukkan bahwa sistem mampu digunakan untuk melakukan navigasi dengan waktu rata-rata 55.46 detik untuk mencapai ke koordinat B

Pengujian navigasi dengan bermacam orientasi menguji sistem apakah mampu melakukan navigasi walaupun sistem dihadapkan pada sudut yang berbeda-beda terhadap target. Sistem diamati apakah mampu menuju ke koordinat tujuan. Sistem dihadapkan pada sudut yang berbeda-beda terhadap target. Lokasi pengujian ini ditunjukkan oleh Gambar 9. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 8.



Gambar 9 Gambar lokasi pengujian orientasi

Tabel 8 Tabel hasil pengujian bermacam orientasi

No	Orientasi awal (derajat)	Sampai di B	Respon Putaran
1	0	Ya	Tidak berputar
2	45	Ya	Berlawanan arah jarum jam
3	90	Ya	Berlawanan arah jarum jam
4	135	Ya	Berlawanan arah jarum jam
5	180	Ya	Berlawanan arah jarum jam
6	225	Ya	Searah jarum jam
7	270	Ya	Searah jarum jam
8	335	Ya	Searah jarum jam

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa sistem mampu digunakan untuk melakukan navigasi walaupun orientasinya diubah-ubah. Sistem juga mampu melakukan perhitungan supaya sistem bergerak berputar dengan arah tercepat.

4.5 Pengujian Penghindaran Halangan

Metode pengujian yang terakhir menguji apakah sistem mampu mendeteksi halangan dan melakukan navigasi saat diberikan halangan. Sistem menggunakan sensor jarak HC SR04 yang dipasangkan pada servo supaya mampu mengenali area lebih luas. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk menguji bagaimana saat sistem diberi halangan.

Pengujian pertama menguji seberapa jauh kah sistem akan mampu mengenali halangan. Halangan akan ditaruh pada jarak yang berbeda-beda terhadap sistem pada

kondisi diam. Parameter pengujian deteksi jarak ditentukan dengan mengecek keluaran serial dari sistem. Sistem dikatakan mampu mendeteksi jarak apabila keluaran serial berisi pesan "Halangan Terdeteksi". Hasil pengujian jarak halangan terdeteksi ditunjukkan oleh Tabel 9

Tabel 9 Tabel hasil pengujian jarak deteksi

No	Jarak Benda	Terdeteksi
1	60	Tidak
2	59	Tidak
3	58	Tidak
4	57	Tidak
5	56	Tidak
6	55	Tidak
7	54	Tidak
8	53	Tidak
9	52	Tidak
10	51	Tidak
11	50	Ya
12	49	Ya
13	48	Ya
14	47	Ya
15	46	Ya
16	45	Ya
17	44	Ya
18	43	Ya
19	42	Ya
20	41	Ya

Pengujian selanjutnya adalah menguji lebar sudut dari pembacaan halangan terhadap sistem dalam keadaan diam. Halangan akan diletakkan pada jarak terdeteksi sistem dengan posisi sudut yang berbeda-beda. Parameter pengujian deteksi jarak ditentukan dengan mengecek keluaran serial dari sistem. Sistem dikatakan mampu mendeteksi jarak apabila keluaran serial berisi pesan "Halangan Terdeteksi". Data besar sudut antara halangan dengan system ditunjukkan oleh Tabel 10

Tabel 10 Tabel hasil pengujian lebar deteksi

No	Sudut Halangan	Terdeteksi
1	-90	Tidak
2	-80	Tidak
3	-70	Tidak
4	-60	Tidak
5	-50	Tidak
6	-40	Ya
7	-30	Ya
8	-20	Ya
9	-10	Ya
10	0	Ya
11	10	Ya
12	20	Ya
13	30	Ya
14	40	Ya
15	50	Tidak
16	60	Tidak
17	70	Tidak
18	80	Tidak
19	90	Tidak

Pengujian yang ketiga adalah menguji bagaimana sistem mampu menghindari halangan didepan sistem saat melakukan navigasi. Sistem akan dites dengan melakukan navigasi dan diberikan halangan didepan tengah pada sistem. Navigasi yang dilakukan sejauh 16 meter dengan diberi halangan tepat diantara titik koordinat keberangkatan dengan titik koordinat tujuan. Lokasi pengujian ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10 Lokasi pengujian navigasi

Sistem diberikan perintah navigasi dari koordinat A menuju koordinat C. Parameter keberhasilan dari pengujian ini adalah sistem mampu menghindari halangan yang telah dipersiapkan di lokasi B yang berjarak 5 meter dari koordinat A. Sistem diamati bagaimana pola penghindarannya serta jarak sistem mulai merespon adanya halangan. Setelah dilakukan pengujian yang ditunjukkan Gambar 11 didapatkan data yang ditunjukkan oleh Tabel 11.



Gambar 11 Pengujian penghindaran halangan

Tabel 11 Tabel hasil penghindaran halangan di depan

No	Jarak Halangan	Halangan Terhindar	Pola	Jarak Deteksi
1	5	Ya	Kekiri	45
2	5	Ya	Kekanan	43
3	5	Ya	Kekanan	47
4	5	Ya	Kekiri	40
5	5	Ya	Kekiri	48
Rata-rata				44,6

Sistem juga diuji dengan melakukan navigasi dan diberikan halangan di sebelah kiri dan kanan pada sistem. Navigasi yang dilakukan sejauh 16 meter dengan diberi halangan diantara titik koordinat keberangkatan dengan titik koordinat tujuan. Halangan diletakkan pada jarak 30 cm di sebelah kiri dan kanan dari lokasi B.

Sistem 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 atau kanan dari lokasi B sejauh 30 cm yang berjarak 5 meter dari koordinat A. Sistem diamati bagaimana pola penghindarannya serta jarak sistem mulai merespon adanya halangan. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 12 dengan halangan berada 30 cm di kiri dan Tabel 13 dengan halangan berada 30 cm di kanan.

Tabel 12 Tabel hasil pengujian halangan di kiri

No	Jarak Halangan	Halangan Terhindar	Pola	Jarak Deteksi
1	5	Ya	Kekanan	43
2	5	Ya	Kekanan	42
3	5	Ya	Kekanan	45
4	5	Ya	Kekanan	43
5	5	Ya	Kekanan	41
Rata-rata				42,8

Tabel 13 Tabel hasil pengujian halangan di kanan

No	Jarak Halangan	Halangan Terhindar	Pola	Jarak Deteksi
1	5	Ya	Kekiri	49
2	5	Ya	Kekiri	43
3	5	Ya	Kekiri	42
4	5	Ya	Kekiri	43
5	5	Ya	Kekiri	44
Rata-rata				42,2

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis purwarupa sistem navigasi tanpa awak untuk kapal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pembuatan suatu navigasi tanpa awak untuk kapal menggunakan koordinat dari GPS telah berhasil dilakukan dengan menggunakan komponen berupa penerima GPS dan modul kompas.
2. Sistem navigasi tanpa awak mampu menggerakkan kapal uji untuk melakukan navigasi dengan waktu 55,46 detik untuk berjalan sejauh 20 meter.
3. Sistem navigasi tanpa awak dengan kontrol manual mampu menggerakkan kapal uji dengan berjalan lurus dengan kecepatan rata-rata 0,678 meter per detik dan berputar dengan kecepatan putaran 0,151 putaran per detik.
4. Sistem navigasi tanpa awak mendeteksi halangan dengan jarak mulai dari 50 cm dan dengan lebar sudut -40° hingga 40° terhadap sistem saat diam.
5. Sistem navigasi tanpa awak mampu menghindari halangan saat melakukan navigasi dengan jarak respon rata-rata sejauh 44,6 cm di depan halangan.
6. Sistem navigasi tanpa awak mampu menghindari halangan saat melakukan navigasi dengan jarak respon rata-rata sejauh 42,8 cm saat halangan berada di sebelah kiri sistem..
7. Sistem navigasi tanpa awak mampu menghindari halangan saat melakukan navigasi dengan jarak respon rata-rata sejauh 42,2 cm saat halangan berada di sebelah kanan sistem..
8. Sistem navigasi tanpa awak mampu mengirimkan kondisi dari sistem melalui komunikasi serial secara nirkabel dengan jarak optimal hingga 6 meter.
9. Sistem navigasi tanpa awak mampu melakukan navigasi meskipun arah hadapan ke target diubah-ubah dan mampu melakukan perhitungan arah putaran tercepat.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisa sistem, sistem masih memerlukan penyempurnaan, karena itu diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penambahan PID (*Proportional-Integral-Derivative*) untuk navigasi yang lebih halus. Baik pada penghindaran rintangan maupun dalam melakukan navigasi GPS.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk implementasi pada kapal yang berbeda.
3. Penambahan sensor serta komponen lain yang dapat membuat sistem tahan terhadap segala keadaan.

4. Perlu pengembangan jalur serial nirkabel yang lebih tahan gangguan, lebar pita yang lebih besar, dan jarak yang lebih jauh.
5. Penambahan sensor untuk implementasi ke bentuk sistem navigasi kapal lain, berupa pengukur kualitas air, pengukur kedalaman laut dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Ant. (2013, November 23). Pencurian Ikan Laut Arafura Capai Rp 11,8 Triliun. Diambil kembali dari Sinar Harapan: <http://www.sinarharapan.co/news/read/28412/pencurian-ikan-laut-arafura-capai-rp-118-triliun>
- 2) Arduino. (2015). Arduino Mega. Dipetik Januari 10, 2015, dari <http://www.arduino.cc>
- 3) Devantech. (2013). CMPS10-Datasheet. Dipetik Maret 25, 2015, dari Robot-Electronic: <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/cmeps10doc.htm>
- 4) ElekFreaks. (2012). Ultrasonic HC-SR04. Dipetik Februari 5, 2015, dari [Elekfreaks.com: www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf](http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf)
- 5) Elektronika-Dasar. (2013). Motor Servo. Dipetik April 3, 2015, dari Elektronika-Dasar: <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/motor-servo/>
- 6) GmbH, K. T. (2015). Coordinate System Worldwide. Dipetik Mei 5, 2015, dari WGS84: <http://epsg.io/7030-ellipsoid>
- 7) HobbyKing. (2012). HK-65 Transmitter. Dipetik Maret 29, 2015, dari <http://hobbyking.com>
- 8) innovativeelectronics. (2012). EMS-30A. Dipetik Maret 3, 2015, dari [innovativeelectronics: http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/EMS_30A_HBridge_manual.pdf](http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/EMS_30A_HBridge_manual.pdf)
- 9) Manley, J. E. (2008). Unmanned surface vehicles, 15 years of development. OCEANS 2008, 1 - 4.
- 10) Muslihati. (2012). Analisis Biaya Operasional Kapal pada Berbagai Load Faktor Angkutan Perintis.
- 11) Prasetyo, H. P. (2012). Perancangan Sistem Navigasi Pada Kapal (MCST-1 SHIP AUTOPILOT) untuk Mendukung sistem autopilot.
- 12) Sari, D. M. (2007). Perancangan Sistem informasi Geografis Berbasis WEB Menggunakan Mapserver.
- 13) Sarifah Alia, S., Tri Haryanto, A., & Permadi, E. (2014, Oktober 24). Jaga Laut RI Pakai Apa? Dipetik Januari 5, 2015, dari Viva news: <http://sorot.news.viva.co.id/news/read/551407-jaga-laut-ri-pakai-apa->
- 14) Schworer, I. J. (2005). Navigation and Control of an Autonomous Vehicle.
- 15) Singgeta, R. L. (2013). Rancang Bangun Robot Boat Navigasi Tanpa Awak.
- 16) U-blox. (t.thn.). Neo-6 Datasheet. Dipetik Februari 24, 2015, dari U-blox: [https://www2.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www2.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf)
- 17) Veness, C. (2002 - 2015). Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points. Dipetik April 5, 2015, dari Movable Type Scripts: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>