

PERANCANGAN TELECONTROLLING DAN TELEMETERING PADA GROUND CONTROL STATION UNTUK PURWARUPA AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE

Ibrahim^{*}), Wahyudi, dan Eko Handoyo

Program Studi Sarjana, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*}E-mail: ibrahim@students.undip.ac.id

Abstrak

Ground Control Station (GCS) digunakan untuk mengendalikan dan memantau sebuah kendaraan tanpa awak secara nirkabel. GCS dirancang agar mampu memberikan informasi dan kendali yang cukup, sehingga misi yang diberikan kepada Autonomous Surface Vehicle (ASV) dapat terlaksana secara autonomus dengan intervensi telecontrolling yang minimal dari operator. Penelitian ini membahas mengenai perancangan GCS dalam mengoperasikan sebuah ASV. Microsoft Visual Studio Express 2012 digunakan dalam pengembangan perangkat lunak GCS. Modul telemetri radio 3DR 433Mhz digunakan sebagai media komunikasi antara GCS dan ASV. Berdasarkan pengujian, jarak optimal penggunaan modul radio 3DR 433Mhz untuk mengirim dan menerima data adalah 100 meter. Fitur telecontrolling pada GCS yang dirancang berupa parameter kecepatan, start/stop ASV, tuning PID, waypoint, dan failsafe. Fitur telemetering pada GCS yang dirancang berupa data latitude, longitude, heading, bearing, error hadap, jarak ASV ke waypoint selanjutnya, juga umpan balik PWM, state misi, nilai Kp, Ki, Kd, Sp, dan failsafe. Fitur lain pada GCS adalah menampilkan peta hybrid dan menyimpan data ASV dalam dokumen csv.

Kata Kunci: GCS, ASV, waypoint, telemetering, dan telecontrolling

Abstract

Ground Control Station (GCS) is used to control and monitoring an unmanned vehicle wirelessly. GCS is designed to provide sufficient information and control, so that the mission given to Autonomous Surface Vehicle (ASV) can be completed autonomously with minimal telecontrolling intervention from the operator. This final project is about design of GCS to operate an ASV. Microsoft Visual Studio Express 2012 is used to develop GCS software. The 3DR 433Mhz radio telemetry module is used as a communication medium between GCS and ASV. Based on the experiment, the optimal range of 3DR 433Mhz radio module is 100 meters for transmit and receive data. The telecontrolling features in the GCS that was designed are speed parameter, start/stop ASV, PID tuning, waypoint, and failsafe. The telemetering features in the GCS that was designed are latitude data, longitude data, heading data, bearing data, error heading data, distance to next waypoint, also PWM feedback, mission feedback, Kp, Ki, Kd, Sp value and failsafe. The other features in GCS that was designed are showing hybrid map and save the ASV data to csv file.

Keywords: GCS, ASV, waypoint, telemetering, and telecontrolling

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah perairan lebih luas dari daratannya dengan luas sekitar 5,9 juta km² [1]. Seiring perkembangan waktu, sektor maritim Indonesia sudah semestinya ikut berkembang. Namun pada kenyataannya Indonesia belum memanfaatkan secara maksimal sumber daya kelautan yang dimilikinya [2]. *Autonomous Surface Vehicle* (ASV) baru-baru ini dikembangkan oleh beberapa negara untuk menunjang aktifitas penelitian wilayah perairan. ASV merupakan sebuah kapal tanpa awak yang mampu menyusuri perairan secara otomatis. ASV mampu bergerak di permukaan air secara otomatis dari suatu lokasi ke lokasi lain dengan

bantuan sebuah sistem navigasi berupa *waypoint* di mana titik-titiknya telah ditentukan sebelumnya [3]. Perkembangan ASV di dunia sudah pesat. Saat ini survei batimetri dan oseanografi dapat dilakukan dengan menggunakan ASV, seperti Delfim, Sesamo, IRIS, SCOUT, dan ROAZ, yang dapat digunakan pada perairan tawar maupun laut. USV memiliki manfaat yang cukup besar dalam observasi perairan [4]. Perkembangan ini belum diikuti dengan baik di Indonesia, sehingga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada teknologi ASV. Pada umumnya ASV dilengkapi dengan GPS, kompas, telemetri, serta sensor pengukur parameter lingkungan perairan bila dibutuhkan [5]. Menurut observatorium oseanografi pengukuran variabel fisika, kimia dan biologis

di perairan pantai secara *realtime* dapat membantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan seperti perubahan iklim, bencana alam dan kondisi ekosistem [6]. Dalam pengembangannya ASV tidak hanya digunakan untuk observasi melainkan sebagai moda transportasi air [7]. Untuk mengoperasikan sebuah kendaraan *autonomous* seperti ASV, digunakan sebuah *Ground Control Station* (GCS) yang memudahkan operator untuk melakukan pengaturan dan *monitoring* [8].

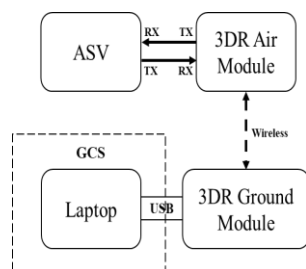
GCS adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengendalikan dan memantau sebuah kendaraan tanpa awak secara nirkabel [9]. GCS dapat berupa sistem pada perangkat komputer atau perangkat *mobile* seperti *smartphone* [8]. GCS dirancang agar mampu memberikan informasi dan kendali yang cukup, sehingga misi yang diberikan kepada ASV dapat terlaksana secara *autonomous* dengan intervensi yang minimal dari operator [9]. Dalam penelitian ini dirancang sebuah GCS yang memiliki beberapa fitur mendasar *telemetering* dan *telecontrolling* yang diperlukan agar sebuah ASV dapat menyelesaikan misi yang diberikan. GCS dirancang pada sebuah perangkat komputer dan menggunakan modul radio 3DR 433Mhz untuk berkomunikasi dengan ASV.

Dalam penyusunan penelitian ini, telah ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. GCS dirancang dengan sebuah perangkat komputer.
2. Modul komunikasi yang digunakan adalah radio 3D Robotics 433Mhz dengan antenna bertipe *omnidirectional*.
3. Komunikasi yang digunakan adalah serial asinkron dengan *baudrate* 57600 *bit per seconds*.
4. Jumlah *waypoint* maksimal 7 titik.
5. Jangkauan operasi ASV melalui GCS adalah 100 meter.
6. Pengujian dilakukan pada area *outdoor* dengan kondisi cerah.
7. Perancangan perangkat lunak GCS pada laptop menggunakan bahasa pemrograman C# dan perangkat lunak komunikasi data pada ASV menggunakan bahasa pemrograman C.

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

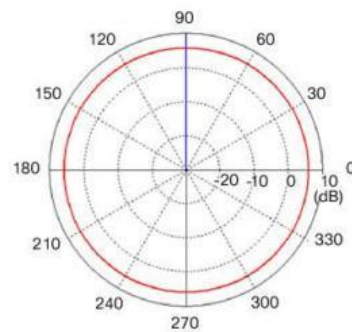


Gambar 1. Konfigurasi perangkat keras

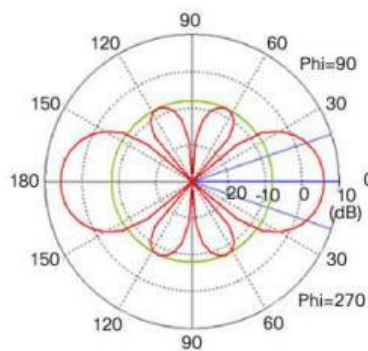
Perancangan perangkat keras terdiri dari modul Radio 3DR 433Mhz dan laptop. Modul radio 3DR 433Mhz sebagai media komunikasi, sedangkan laptop yang akan menjalankan program GCS. Hubungan komponen penyusun sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1.1. Penggunaan Modul Radio 3DR 433Mhz

Modul Radio 3DR 433Mhz digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal informasi secara nirkabel pada rentang frekuensi 433Mhz dari ASV ke GCS ataupun sebaliknya. Untuk memperkuat dan memperluas jangkauan sinyal ditambahkan antenna pada modul telemetri. Antena adalah suatu piranti yang digunakan untuk memancarkan atau meneruskan gelombang elektromagnetik menuju ruang bebas atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas [10]. Antena yang digunakan oleh modul Radio 3DR 433Mhz adalah antenna *omnidirectional*. Antena *omnidirectional* memiliki pola radiasi sinyal ke segala arah dalam sudut 360° dengan daya yang sama [10]. Gambar 2. merupakan radiasi pada sumbu horizontal dan Gambar 3. merupakan radiasi pada sumbu vertikal [10].



Gambar 2. Pola radiasi horizontal antenna *omnidirectional*



Gambar 3. Pola radiasi vertikal antenna *omnidirectional*

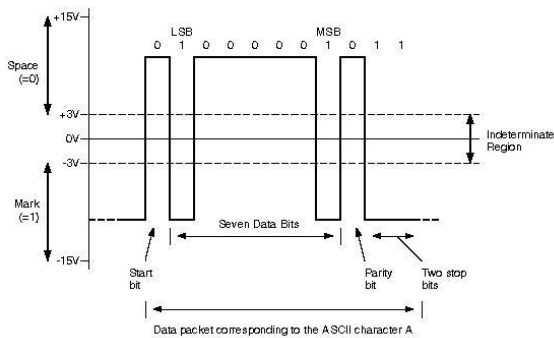
Modul Radio 3DR 433Mhz seperti pada Gambar 4. memiliki antarmuka UART dengan spesifikasi sensitivitas dalam menerima informasi sebesar -117 dBm, tegangan kerjanya 5V, daya keluaran maksimal sebesar 100mW, *transmit current* sebesar 100mA pada 30 dBm, *receive current* 25mA, kecepatan transfer di udara mencapai 250

kbps dan memiliki dimensi 26,7 x 55,5 x 13,3 cm tanpa antenna [11].



Gambar 4. Modul radio 3DR 433Mhz

Sistem komunikasi yang digunakan adalah komunikasi serial. Secara umum komunikasi data dibagi menjadi 2 jenis yaitu komunikasi paralel dan komunikasi serial. Komunikasi serial adalah proses pengiriman data suatu bit pada 1 waktu secara sekuensial melalui 1 kanal komunikasi. Komunikasi serial juga terbagi menjadi 2 jenis yaitu sinkron dan asinkron [12]. Komunikasi serial asinkron adalah komunikasi data yang memerlukan start bit untuk menunjukkan mulainya data dan stop bit untuk menunjukkan selesainya data.



Gambar 5. Bit data serial asinkron

Pada Gambar 5. merupakan contoh pengiriman karakter A secara serial asinkron, dimulai dengan 1 start bit, tujuh bit data, 1 parity bit sebagai data check dan diakhiri dengan 1 atau 2 stop bit [12]. Berikut ini adalah beberapa istilah dalam protokol komunikasi serial:

1. Baud rate

Kecepatan transmisi dalam satuan bit per detik. Clock dari pengirim dan penerima harus memiliki baud rate yang sama. Pada penelitian ini digunakan baud rate 57600 bps yang artinya transfer 1 bit membutuhkan 1/57600 detik atau 0.017361 milisecond (ms).

2. Start bit

Logika low menunjukkan transmisi data dimulai. Kondisi low yang terjadi pada start bit dinamakan spacing state.

3. Data bit

Berisi data dengan jumlah 5, 6, 7, atau 8 bit. Bit pertama yang dikirim adalah LSB (Least Significant Bit).

4. Parity bit

Berfungsi untuk mengecek adanya error data yang ditransfer. Parity dapat bernilai odd(ganjil), even(genap), dan none.

5. Stop bit

Satu atau dua bit berlogika high akan dikirim setelah data bit atau parity bit jika ada parity bit. Dengan adanya stop bit dapat dipastikan bahwa penerima mempunyai waktu yang cukup untuk menerima karakter berikutnya.

2.1.2. Penggunaan Laptop

Laptop dengan sistem operasi windows diperlukan untuk menjalankan perangkat lunak GCS yang dirancang. Laptop yang digunakan menggunakan prosesor AMD A8-2,2Ghz dengan 4 giga byte random access memory. Ground module radio 3DR 433Mhz dihubungkan ke laptop melalui port Universal Serial Bus (USB) seperti pada Gambar 6.



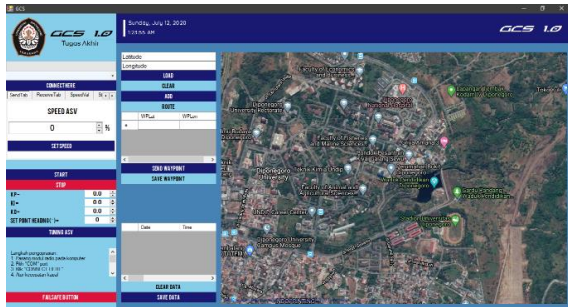
Gambar 6. Penggunaan laptop

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak GCS pada laptop dilakukan menggunakan Microsoft Visual Studio Express 2012. Sebagai sebuah Integrated Development Environment (IDE), Microsoft Visual Studio menyediakan berbagai fasilitas yang dibutuhkan untuk membangun perangkat lunak. Pada umumnya, IDE memiliki source code editor, built automation tools dan debugger. IDE dirancang untuk meminimalkan error dengan adanya error correction dan execution monitoring [13]. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman C#. C sharp (C#) merupakan bahasa pemrograman yang diciptakan oleh Microsoft untuk mengembangkan aplikasi Microsoft.NET [14].

GCS yang dirancang memiliki kemampuan telecontrolling dan telemetering untuk memudahkan operator dalam mengoperasikan ASV. Fitur-fitur yang terdapat pada GCS adalah Connect/Disconnect komunikasi, tombol start/stop mengoperasikan ASV, mengatur kecepatan, tuning PID, menampilkan peta, membuat waypoint, menyimpan data selama pengoperasian ASV, dan failsafe button. Dalam mengembangkan sebuah GCS untuk sebuah ASV banyak faktor yang harus dipertimbangkan, mulai dari tata letak,

skema tampilan, metode komunikasi dan metode pengoperasiannya. Pemilihan warna tampilan HMI pada GCS juga perlu diperhatikan agar sesuai dengan standar yang ada [15]. Tampilan awal GCS dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan GCS

Tabel 1. Data telemetering

No	Isi Data	Keterangan
1	LatN	Latitude ASV sekarang
2	LonN	Longitude ASV sekarang
3	LatB	Latitude ASV sebelumnya
4	LonB	Longitude ASV sebelumnya
5	head	Sudut hadap ASV
6	spK	Sudut target ASV
7	error	Error sudut ASV
8	jarak	Jarak antara ASV dengan waypoint selanjutnya
9	pwm	PWM motor BLDC
10	rSt	Umpan balik nilai start
11	rKp	Umpan balik nilai Kp
12	rKi	Umpan balik nilai Ki
13	rKd	Umpan balik nilai Kd
14	rSp	Umpan balik setpoint
15	rEm	Umpan balik failsafe

Tabel 2. Paket data yang dikirim GCS

No	Paket	Header	Isi	Endline
1	Waypoint	"!wp"	Latitude 1, longitude 1, latitude 2, longitude 2, latitude 3, longitude 3, latitude 4, longitude 4, latitude 5, longitude 5, latitude 6, longitude 6, latitude 7, longitude 7	">"
2	Kecepatan	"@speed"	Nilai kecepatan	">"
3	Start	"#start"	Nilai start	">"
4	Tuning	"@tuning"	Nilai Kp, Ki, Kd, Setpoint Arah	">"
5	Failsafe	"\$failsafe"	Nilai sinyal failsafe	">"

Data yang dikirim ASV dan diterima oleh GCS adalah sebuah paket data yang diawali oleh header berupa "#" dan diakhiri oleh endline berupa karakter "!". Diantara header dan endline terdapat 15 data ASV berupa variabel string

yang dipisahkan oleh comma ",". Apabila header data yang diterima GCS adalah "#" maka akan dijalankan fungsi parsing untuk memisahkan isi paket data tersebut. Data yang dikirim ASV dan diterima oleh GCS dapat dilihat pada Tabel 1.

Paket data yang dikirim GCS agar dapat digunakan oleh ASV perlu diolah terlebih dahulu. Pengiriman paket data dari GCS bersifat insidental yaitu ketika operator menekan tombol telecontrolling tertentu. Paket data yang dikirim GCS adalah waypoint, kecepatan, start, tuning, dan failsafe. Setiap paket data yang dikirim dari GCS memiliki format yang berbeda seperti pada Tabel 2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk melihat kemampuan jangkauan sinyal dari modul telemetri yang digunakan. Setelah kemampuan modul telemetri diketahui, akan dijadikan sebagai batasan dalam mengoperasikan ASV agar mampu menjalankan misi dengan optimal. Pengujian jangkauan sinyal dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh data dapat dikirim atau diterima dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengirim data posisi dan arah ke GCS. Data yang diterima komputer ditampilkan secara realtime pada GCS. Hasil pengujian jangkauan sinyal modul radio 3DR 433Mhz dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Hasil pengujian jangkauan sinyal modul radio 3DR 433Mhz

No	Jarak antara receiver dan transmitter (m)	Status data
1	20	Data diterima
2	40	Data diterima
3	60	Data diterima
4	80	Data diterima
5	100	Data diterima
6	115,5	Data tidak diterima

Modul radio 3DR 433Mhz memiliki antenna bertipe omnidirectional yang memiliki radiasi berbentuk lingkaran pada sumbu horizontal maka nilai 100 meter merupakan jari-jari lingkaran tersebut.

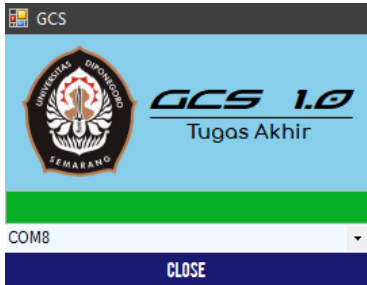
3.2. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk melihat apakah GCS yang dirancang dapat berfungsi dengan baik dalam mengoperasikan sebuah ASV. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengoperasian sistem navigasi ASV secara autonomous, mulai dari fitur koneksi GCS dan ASV, fitur pengaturan speed ASV, fitur start/stop ASV, fitur tuning PID, fitur waypoint, fitur save data, dan fitur failsafe button.

3.2.1. Pengujian Koneksi GCS dan ASV

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan ground modul radio 3DR 433Mhz pada laptop dan air modul radio

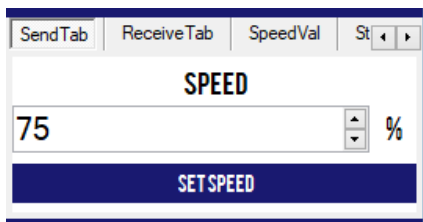
3DR 433Mhz pada ASV, setelah itu pilih *port COM* yang tersedia dan menekan tombol “CONNECT HERE” pada GCS seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian koneksi

3.2.2. Pengujian *Telecontrolling* Kecepatan ASV

Pengujian *telecontrolling* kecepatan ASV dilakukan untuk mengetahui apakah nilai kecepatan yang diatur melalui GCS dapat diolah dan digunakan oleh ASV. Pengujian dilakukan dengan memberi nilai kecepatan melalui GCS kemudian dikirimkan ke ASV dengan menekan tombol “SET SPEED” seperti Gambar 9.



Gambar 9. Pengujian *telecontrolling* kecepatan ASV

Nilai kecepatan yang diberikan adalah 75%, yang menghasilkan nilai PWM sebesar 1375 *microseconds*. Nilai umpan balik PWM dapat dilihat secara *realtime* pada tab “SpeedVal” seperti pada Gambar 10.

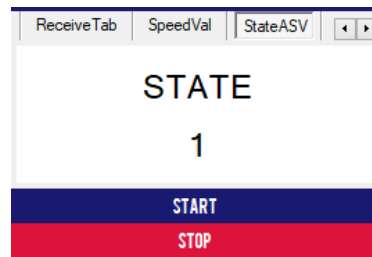


Gambar 10. Pengujian umpan balik *telecontrolling* kecepatan ASV

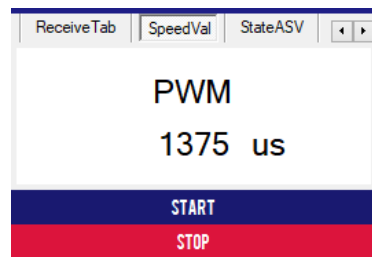
3.2.3. Pengujian *Telecontrolling* Start/Stop ASV

Pengujian start dan stop ASV dilakukan untuk mengetahui apakah ASV dapat diperintahkan untuk memulai dan menghentikan misi melalui GCS. Ketika tombol “START” ditekan akan memberikan nilai 1 dan nilai PWM sesuai yang ditentukan, sedangkan saat tombol “STOP” ditekan

akan memberikan nilai 0 dan nilai PWM 1000 seperti pada Gambar 11. dan Gambar 12.

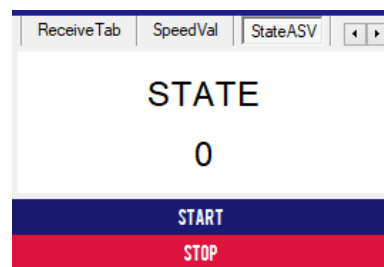


(a) State



(b) PWM

Gambar 11. Pengujian *telecontrolling* start ASV



(a) State



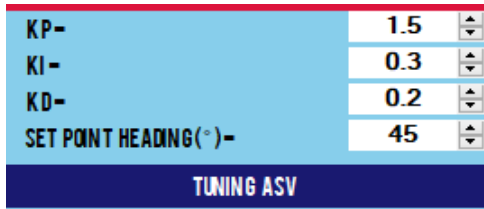
(b) PWM

Gambar 12. Pengujian *telecontrolling* stop ASV

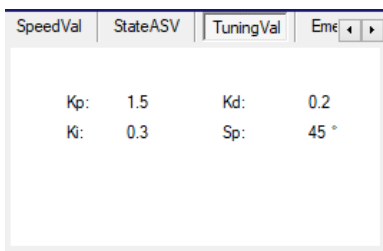
3.2.4. Pengujian *Telecontrolling* Tuning Parameter Kendali

Pengujian *telecontrolling* tuning parameter kendali ASV dilakukan untuk mengetahui apakah ASV dapat di-tuning menggunakan GCS secara *wireless*. Pengujian dilakukan

dengan mengirimkan nilai K_p , K_i , K_d dan SP ke ASV. Parameter *tuning* yang diberikan adalah $K_p=1,5$, $K_i=0,3$, $K_d=0,2$ dan $Sp=45^\circ$. Nilai parameter tuning berhasil dikirim ke ASV dibuktikan dengan umpan balik dari ASV pada tab “TuningVal” seperti pada Gambar 13.



(a) Tuning parameter kendali

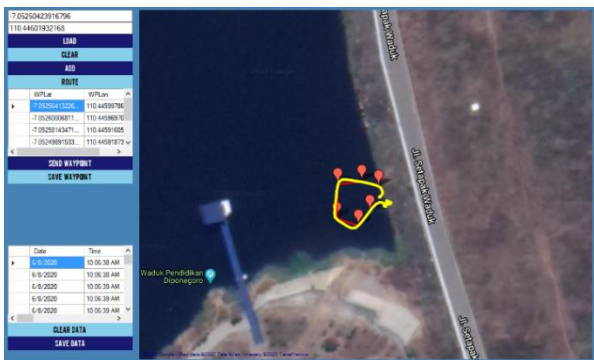


(b) Umpan balik tuning parameter kendali

Gambar 13. Pengujian telecontrolling tuning parameter kendali

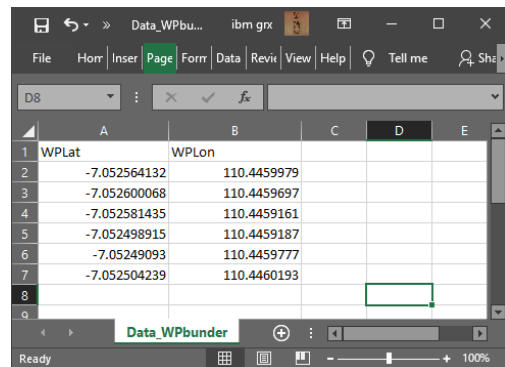
3.2.5. Pengujian Telecontrolling Waypoint ASV

Pengujian *telecontrolling waypoint* dilakukan untuk mengetahui apakah GCS yang dirancang dapat membuat *waypoint* dengan benar, mengirim nilai *waypoint* ke ASV dan menyimpannya dalam dokumen csv. Pengujian dilakukan dengan cara membuat *waypoint* target yang akan dilalui oleh ASV, kemudian dilihat umpan balik berupa jalur yang telah dilalui oleh ASV. *Waypoint* berhasil dibuat dan ASV dapat berjalan menuju target *waypoint*, garis berwarna merah merupakan target rute yang akan dilalui oleh ASV dan garis berwarna kuning merupakan lintasan yang telah dilalui ASV seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengujian telecontrolling waypoint GCS

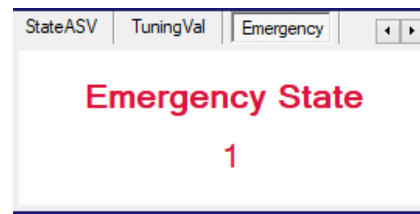
Data *waypoint* dapat disimpan dalam bentuk dokumen csv dan dibuka di Microsoft Excel seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Dokumen Data_WP.csv

3.2.6. Pengujian Telecontrolling Failsafe ASV

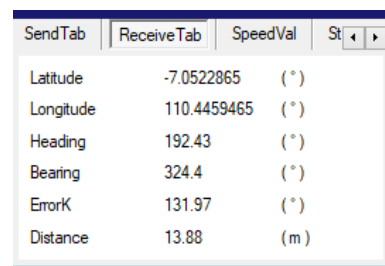
Pengujian *failsafe button* dilakukan untuk mengetahui apakah dalam keadaan tertentu, GCS dapat memberikan sinyal darurat kepada ASV. Keadaan darurat disimulasikan dengan mematikan *remote* secara manual. Ketika *failsafe button* ditekan, GCS memberikan sinyal darurat berupa variabel bertipe *integer* dengan nilai 1, umpan balik dari ASV dapat dilihat pada tab “Emergency” seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Pengujian telecontrolling failsafe

3.2.7. Pengujian Telemetering ASV

Pengujian telemetering dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan dan pengolahan data sensor oleh ASV secara realtime. Data *latitude*, *longitude*, *heading*, *bearing*, *error* hadap, dan *distance* berhasil ditampilkan melalui tab “ReceiveTab” seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Pengujian telemetering pada GCS

Data *telemetering* juga dapat dilihat pada tampilan tabel data ASV seperti Gambar 18.

	PWM	St
4	1000	0
4	1000	0
4	1000	0
4	1000	0
4	1000	0

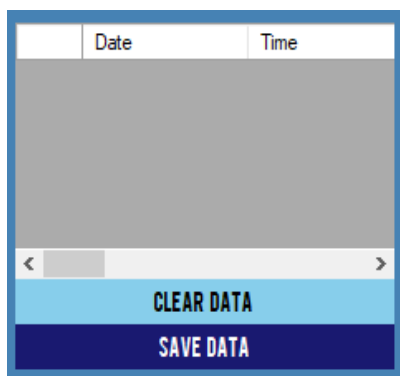
Gambar 18. Tampilan tabel data ASV

3.2.8. Pengujian Save Data

Pengujian fitur *save data* dilakukan untuk mengetahui apakah GCS dapat menyimpan data yang diterima ke dalam dokumen berbentuk csv. Pengujian berhasil dilakukan setelah ASV terhubung dengan GCS kemudian menyimpan data yang diterima ke dalam dokumen Data_ASV.csv dan dibuka di Microsoft Excel seperti pada Gambar 19. Pengujian *save data* juga membuktikan bahwa sistem *parsing* data yang dirancang dapat berfungsi, sehingga masing-masing data tersimpan sesuai pada tempatnya.

Date	Time	Heading	Latitude	Longitude	Bearing	Error	Distance	PWM/Value	StateStart
6/6/2020	7:48:28 AM	325.62	-7.0523428	110.446011	267.36	-58.26	13.69	1000	0
6/6/2020	7:48:29 AM	325.21	-7.052343	110.446011	267.36	-57.85	13.73	1000	0
6/6/2020	7:48:29 AM	324.16	-7.052343	110.446011	267.36	-56.8	13.73	1000	0
6/6/2020	7:48:29 AM	324.22	-7.052343	110.446011	267.36	-56.76	13.73	1000	0
6/6/2020	7:48:29 AM	322.82	-7.052343	110.446011	267.36	-55.66	13.73	1000	0
6/6/2020	7:48:29 AM	323.57	-7.052343	110.446011	267.36	-56.21	13.73	1000	0
6/6/2020	7:48:30 AM	322.89	-7.0523428	110.446012	267.37	-55.52	13.79	1000	0
6/6/2020	7:48:30 AM	322.53	-7.0523428	110.446012	267.37	-55.16	13.79	1000	0
6/6/2020	7:48:30 AM	323.51	-7.0523428	110.446012	267.37	-56.14	13.79	1000	0
6/6/2020	7:48:30 AM	321.99	-7.0523428	110.446012	267.37	-54.62	13.79	1000	0
6/6/2020	7:48:30 AM	322.18	-7.0523428	110.446012	267.37	-54.81	13.79	1000	0
6/6/2020	7:48:31 AM	321.98	-7.0523428	110.446012	267.38	-54.6	13.84	1000	1
6/6/2020	7:48:31 AM	321.67	-7.0523428	110.446012	267.38	-54.29	13.84	1375	1
6/6/2020	7:48:31 AM	321.54	-7.0523428	110.446012	267.38	-54.16	13.84	1375	1

Gambar 19. Dokumen Data_ASV.csv



Gambar 20. Pengujian clear data ASV

Pengujian juga dilakukan dengan menghapus data yang diterima dengan tombol “CLEAR DATA” seperti pada Gambar 20. Pengujian *clear data* berfungsi sehingga data ASV dapat dihapus, apabila GCS menerima data baru maka tabel data akan mulai menyimpan data kembali dari baris pertama.

4. Kesimpulan

Jangkauan transmisi maksimal antara antenna *transmitter* dan *receiver* modul radio 3DR 433Mhz adalah 100 meter. *Telecontrolling* pada GCS berupa parameter kecepatan, *start/stop* ASV, *tuning* PID, *waypoint*, dan *failsafe* ASV. *Telemetering* pada GCS berupa data *latitude*, *longitude*, *heading*, *bearing*, *error* hadap, jarak ASV ke *waypoint* selanjutnya, juga umpan balik PWM, *state* misi, nilai Kp, Ki, Kd, *Setpoint*, dan *failsafe*. Tampilan peta pada GCS *hybrid* dan menyimpan data ASV dalam dokumen csv.

Referensi

- [1]. R. Lasabuda, “Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia,” *Jurnal Ilmiah Platax*, vol. 1-2, no. 1, hal. 92-101, 2013.
- [2]. S. P. K. Soedarmo, *Mengelola Laut untuk Kesejahteraan Rakyat*, Semarang, Indonesia: Undip Press, 2018.
- [3]. M. Rivai, “Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, hal. 76-81, 2018.
- [4]. K. Kobatake, T. Okazaki, dan M. Arima, “Study on Optimal Tuning of PID Autopilot for Autonomous Surface Vehicle,” *International Federation of Automatic Control*, vol. 52, no. 21 hal. 335-340, 2019.
- [5]. R Dhanasingaraja, S. Kalaimagal, dan G. Muralidharan, “Autonomous Vehicle Navigation and Mapping System,” *International Journal of Innovation Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 3, no. 3, hal. 1347-1350, 2014.
- [6]. I. Gonzalez-Reolid, J. Carlos Molina-Molina, A. Guerrero-Gonzalez, F. J. Ortiz, dan D. Alonso. “An Autonomous Solar-Powered Marine Robotic Observatory for Permanent Monitoring of Large Areas of Shallow Water,” *Sensors*. vol. 18, no. 10, hal. 1-24, 2018.
- [7]. Z. H. Munim, “Autonomous Ships: A Review, Innovate Applications and Future Maritime Bussines Models,” *Supply Chain Forum: An International Journal*, vol. 20, no. 4, hal. 266-279, 2019.
- [8]. P. Vasile, C. Ciaoca, D. Luculeseu, A. Luchian, dan S. Pop, “Consideration about UAV command and control. Ground Control Station,” dalam *5th International Scientific Conference SEA-CONF*, 2019, hal 1-9.
- [9]. Y. Kwon, J. Heo, S. Jeong, S. Yu, S. Kim, “Analysis of Design Direction for Ground Control Station (GCS),” *Journal of Computer and Communication*, vol. 4, no. 15, hal 1-7, 2016.
- [10]. N. Rachmad, R. Subagja, “Rancang Bangun Antena Omni Collinear Sebagai Antena Wireless Penguat Modem Wireless,” *Jurnal ICT*, vol. 5, no. 9, hal. 8-17, 2014.

- [11]. D. Hariyanto, A. C. Nugraha, dan A. Asmara, "Design and Development of an Asynchronous Serial Communication Learning Media to Visualize the Bit Data," dalam *International Conference on Electrical, Electronic, Informatics and Vocational Education (ICE-ELINVO 2018)*, Yogyakarta, Indonesia, Nov. 13, 2018, hal. 1-9.
- [12]. 3D Robotics Inc., "3DR Radio V2 Quick Start Guide," *Datasheet*, hal.1-4, 2013.
- [13]. S. Kavitha, S. Shindu, "Comparisson of Integrated Development Environment (IDE) Debugging Tools: Eclipse vs Netbeans," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no. 4, hal. 432-437, 2015.
- [14]. Suprpto, K. T. Yuwono, T. Sukardiyono, dan A. Dewanto, Bahasa Pemrograman untuk Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta, Indonesia: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [15]. *Electrical, Instrumentation and SCADA System Design*, ACWWA Standard 3.0, 2010.