

ISSN 2252-4108

Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi

Journal of Automation, Control and Instrumentation

Volume 8, No.2, Tahun 2016

Jurnal Otomasi, Kontrol dan Instrumentasi
Alamat: Gedung 04 STU UIR Jember 60132 Indonesia
Tel: +62 22 2514453 Tel / Fax: +62 22 2514123
Email: jomai_04@uir.ac.id

Daftar Isi / Table of Contents

Tim Editor / Board of Editors	i
Mitra Bestari / Advisory Board	ii
Kata Pengantar	iii
Preface	liv
Daftar Isi / Table of Contents	v
Desain Kerjasama Mobile Manipulator Robot <i>Rafiuddin Syam, Jumaddil Hair</i>	127
Gestur Berbasis Estimasi Sudut Gulung untuk Pengendalian Manipulator <i>Muhammad Fuad</i>	141
Integrasi Rancangan Sistem Observasi Kapal Permukaan Otomatis dengan Google Earth <i>Mahesa G. A. Satria, <u>Indra Jaya</u>, Yopi Novita</i>	153
Komparasi Metode Deteksi Friksi Statis Katup Berbasis Pencocokan Grafis <i>Daniel Kristanto, Awang N.I. Wardana, Widya Rosita</i>	167
Komparasi Pemodelan dan Identifikasi Sistem pada Dinamika Temperatur Gas Buang Ruang Bakar pada Circulated Fluidized Bed Boiler <i>Muhammad N. Anis, Awang N. I. Wardana, Ester Wijayanti</i>	181
Modifikasi Penggerak Proses Dressing untuk Mengatasi Trouble Roundness Valve NG pada Mesin Seat Grinder Ntvs-2894 <i>Muhammad Hidayat, Suhartinah, Sri Lestari</i>	197
Pengembangan Monitoring System dan Electronic Load Controller pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Sungai (PLTAS) <i>Dominikus Sulistiono, Alfeus Sunarso, Agato, IG. Gunawan Widodo, Halasan Sihombing</i>	215
Pengontrolan Penjejak Dinding dengan Batasan Orientasi pada Kursi Roda Robotik <i>Stephen Andronicus, Amrizal Nainggolan, Antony Anggriawan Siswoyo, Augie Widyotriatmo</i>	227

Integrasi Rancangan Sistem Observasi Kapal Permukaan Otomatis dengan Google Earth

¹Mahesa G. A. Satria^{*)}, ²Indra Jaya^{**) & ³Yopi Novita^{***)}}

¹Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Program Sarjana IPB

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK IPB Kampus IPB Dramaga Bogor

³Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perairan FPIK IPB Kampus IPB Dramaga Bogor

mahess.loza@gmail.com^{*)}, indrajaya123@gmail.com^{**), yop_novita@yahoo.com^{***)}}

Abstrak

Wahana permukaan tak berawak (*unmanned surface vehicle* (USV)) atau wahana permukaan otomatis (*autonomous surface vehicle* (ASV)) merupakan sebuah wahana (*vehicle*) berbentuk kapal di permukaan (*surface*) air yang dapat bergerak tanpa awak di dalamnya secara otomatis. USV dapat digunakan di perairan yang tidak dapat dilalui kapal dengan awak. Perkembangan USV di dunia sudah pesat, namun belum diimbangi dengan baik perkembangannya di Indonesia. Penelitian ini bertujuan membuat USV yang bersifat *autonomous*, yaitu bergerak secara otomatis berdasarkan *waypoint*. Tahapan penelitian meliputi perancangan USV, uji coba sistem observasi kapal permukaan otomatis. Uji coba dilakukan dengan mengukur durasi oleng wahana di atas air dan mengukur akurasi GPS, kemudian menjalankan wahana pada lintasan lurus, zigzag, parallel, dan berbentuk S. Waktu oleng wahana sebesar 3 detik, akurasi GPS CEP 50% sebesar 1,9 meter dan 2DRMS 95% sebesar 4,7 meter. Selisi jarak terbesar *waypoint* dengan lintasan aktual pada lintasan lurus sumbu x sebesar 2,05 m dan sumbu y sebesar 1,27 m, lintasan zigzag sumbu x sebesar 2,63 m dan sumbu y sebesar 3,73 m, lintasan parallel sumbu x sebesar 4,82 m dan sumbu y sebesar 3,98 m, lintasan S sumbu x sebesar 3,85 m dan sumbu y sebesar 4,49 m.

Kata Kunci: *2drms; cep; earth; gps; kapal; usv; waypoint*

1 Pendahuluan

Unmanned surface vehicle (USV) adalah suatu wahana tanpa awak yang dioperasikan di permukaan (*surface*) untuk keperluan tertentu. USV juga dikenal dengan sebutan *autonomous surface vehicle* (ASV) atau wahana permukaan otomatis karena menggunakan *global positioning system* (GPS) dalam penentuan arah tujuan pergerakan wahana tersebut [1].

USV dapat digunakan di perairan yang tidak dapat dilalui oleh kapal dengan awak, termasuk lingkungan dengan tingkat ancaman yang tinggi atau area yang telah terkontaminasi nuklir, biologi, atau bahan kimia [2]. Selain itu, USV juga dapat digunakan untuk survei perairan dangkal, militer untuk mengantar senjata, pengumpulan data lingkungan, dan berkoordinasi dengan wahana otomatis bawah air (AUV). Jika dibandingkan dengan AUV dalam sistem otomasi, tingkat akurasi USV jauh lebih baik dari AUV karena ketersediaan *global positioning system* (GPS) [3].

Perkembangan USV di dunia sudah pesat. Saat ini survei batimetri dan oseanografi dapat dilakukan dengan menggunakan USV, seperti *Delfim*, *Sesamo*, *IRIS*, *SCOUT*, dan *ROAZ*, yang dapat digunakan pada perairan tawar maupun laut [4]. USV memiliki manfaat yang cukup besar dalam observasi perairan. Namun perkembangan ini belum diikuti dengan baik di Indonesia, sehingga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada teknologi USV.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu rancang bangun *unmanned surface vehicle* (USV) yang bersifat *autonomous* secara sederhana dan mudah digunakan, serta mendapatkan informasi mengenai kinerja *unmanned surface vehicle* (USV) yang telah dibuat.

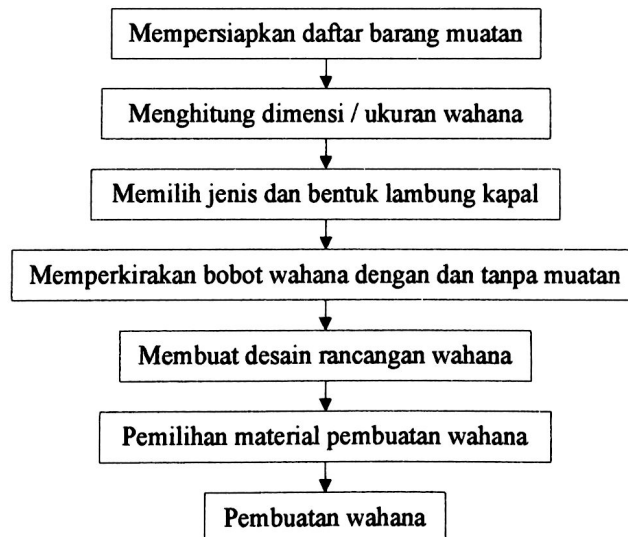
2 Diskusi

2.1 Perancangan USV

Perancangan Mekanik

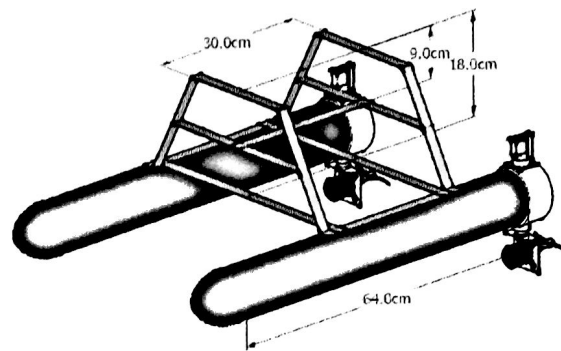
Mekanik yang dibuat berupa kapal yang dirancang dengan konsep *katamaran*. Tipe kapal ini memiliki dua buah lambung utama (*hulls*) yang simetris pada sisi kanan dan kiri. Konstruksi lambung yang demikian memungkinkan kapal bergerak (*maneuver*) lebih seimbang dengan ukuran kapal yang relative besar serta memiliki daya angkut yang lebih besar. Pembuatan kapal mengikuti tahapan pada Gambar 1.

Daftar barang muatan diperlukan untuk mengestimasi panjang, lebar dan tinggi kapal yang akan dibuat. Kapal jenis *katamaran* dipilih karena tujuan pembuatan kapal ini lebih mengedepankan faktor daya muat dan stabilitas kapal dibandingkan kemampuan *maneuver* kapal. Sistem propulsi diletakkan pada bagian belakang *hull* untuk menggerakkan wahana di atas permukaan air. Motor yang digunakan pada sistem propulsi adalah motor *brushless*.



Gambar 3 diagram alir pembuatan kapal [5]

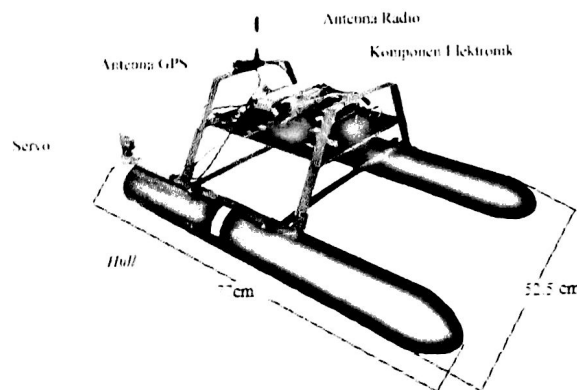
Pembuatan wahana kapal mengikuti desain pada Gambar 2.



Gambar 4 desain kapal permukaan otomatis

Hasil rancang bangun *unmanned surface vehicle* (USV) dapat dilihat pada Gambar 3. Pembuatan *hull* kapal menggunakan bahan pipa PVC berukuran 3 inchi sehingga mudah untuk dibuat. Lambung kapal dibuat berbentuk bundar untuk meminimalisir resistansi ketika kapal melaju di atas permukaan air. Bagian rangka atas yang dibuat dengan bahan alumunium memiliki bobot yang ringan namun kokoh, sehingga tidak membuat bobot wahana menjadi berat. USV ini memiliki panjang total 77 cm, lebar total 52,5 cm dan tinggi total 50 cm sudah termasuk antenna. Kapal dengan muatan elektronik memiliki bobot 4 kg, sedangkan bobot tanpa muatan elektronik sebesar 2,7 kg. Wahana mampu mengangkat beban sebesar 4 kg selain perangkat elektronik di dalamnya.

Wahana menggunakan *propeller* berbahan alumunium dengan dua buah daun *propeller*, diameter *propeller* 72 mm dan diameter *hub propeller* 6,73 mm. *Propeller* sangat berpengaruh terhadap kecepatan suatu kapal, karena fungsinya adalah mengubah daya putar dari motor menjadi daya dorong [6].



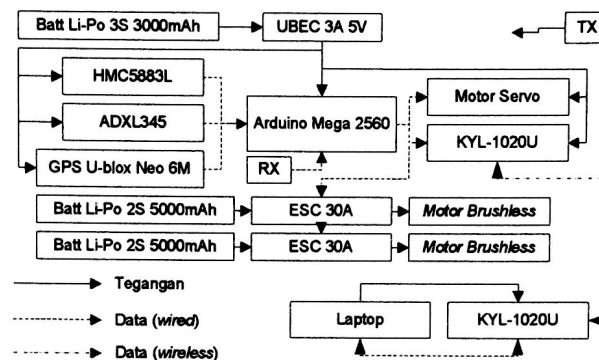
Gambar 5 hasil rancang bangun kapal permukaan otomatis

Desain *propeller* yang buruk menjadi penyebab borosnya bahan bakar, dalam hal ini baterai. Jumlah daun *propeller* mempengaruhi efisiensi *propeller*, semakin sedikit jumlah daun *propeller* maka semakin tinggi nilai efisiensi *propeller*. Beban yang ditanggung oleng

masing-masing daun *propeller* akan semakin tinggi jika jumlah daun *propeller* semakin sedikit.

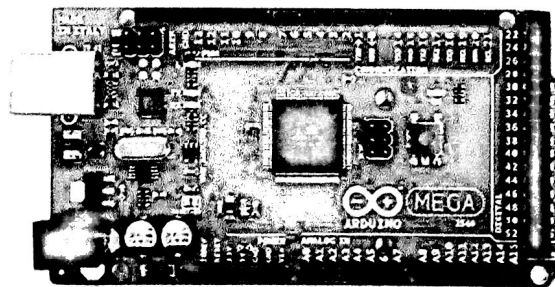
Perancangan Sistem Elektronik

Sistem elektronik USV terdiri atas beberapa bagian, yaitu Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengendali, GPS sebagai penentu posisi koordinat, HMC5883L, ADXL345, *Electronic Speed Control* (ESC) sebagai *driver* pada motor *brushless*, motor *brushless*, motor servo untuk mengendalikan arah gerak wahana, *micro SD*, dan KYL-1020U untuk mengirimkan data ke *ground segment*. Hubungan fungsional antara semua bagian elektronik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 6 hubungan fungsional elektronik kapal permukaan otomatis

Arduino Mega 2560 (Gambar 5) merupakan sebuah modul dengan rangkaian minimum mikrokontroler ATmega2560. Mikrokontroler ini sudah memiliki *bootloader* di dalamnya, sehingga dapat deprogram ulang dengan menggunakan Arduino IDE melalui jalur komunikasi *Universal Asynchronous Receiver / Transmitter* (UART). Dalam rangkaian minimum ini terdapat kristal eksternal sebesar 16 MHz yang merupakan nilai maksimum Kristal yang dibutuhkan ATmega2560, sehingga memungkinkan proses instruksi perintah berjalan lebih cepat [7].



Gambar 7 modul arduino mega 2560

Konfigurasi pin Arduino dengan beberapa perangkat ditunjukkan Tabel 1.

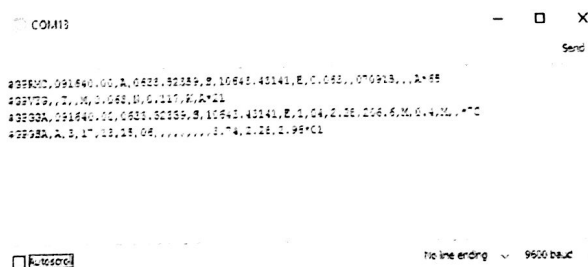
Table 2 konfigurasi arduino dengan perangkat lain

Perangkat	Pin	Keterangan
HMC5883L	SDA	SDA
	SCL	SCL
ADXL345	SDA	SDA
	SCL	SCL
GPS U-blox Neo 6M	RX1	RX Data
KYL-1020U	RX3	RX Data
Micro SD Card Module Catalex	D50	MISO
	D51	MOSI
	D52	SCK
	D53	CS
ESC	D7	PWM signal
Motor Servo	D6	PWM signal
Receiver Remote Control	D23	Input Channel 3
	D25	Input Channel 1
	D27	Input Channel 2

Modul HMC5883L digunakan sebagai sensor magnetometer yang menghasilkan nilai kompas atau arah dalam bentuk derajat dengan antarmuka I2C (*Two Wire*).

ADXL345 merupakan sensor akselerometer yang digunakan untuk menentukan nilai *roll* dan *pitch* pada kapal. ADXL345 menggunakan antarmuka I2C.

GPS digunakan untuk menentukan posisi koordinat dari wahana pada suatu lokasi. GPS u-blox Neo 6M memiliki akurasi GPS 2,5 meter, kecepatan 0,1 m/s, dan arah 0,5 derajat pada CEP 50% [8]. Komunikasi antara mikrokontroler dan GPS menggunakan jalur UART dengan *BaudRate* 9600. Format data yang dikirimkan dari GPS ke mikrokontroler menggunakan format data NMEA 0183. Contoh data NMEA 0183 yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 8 data nmea 0183 gps

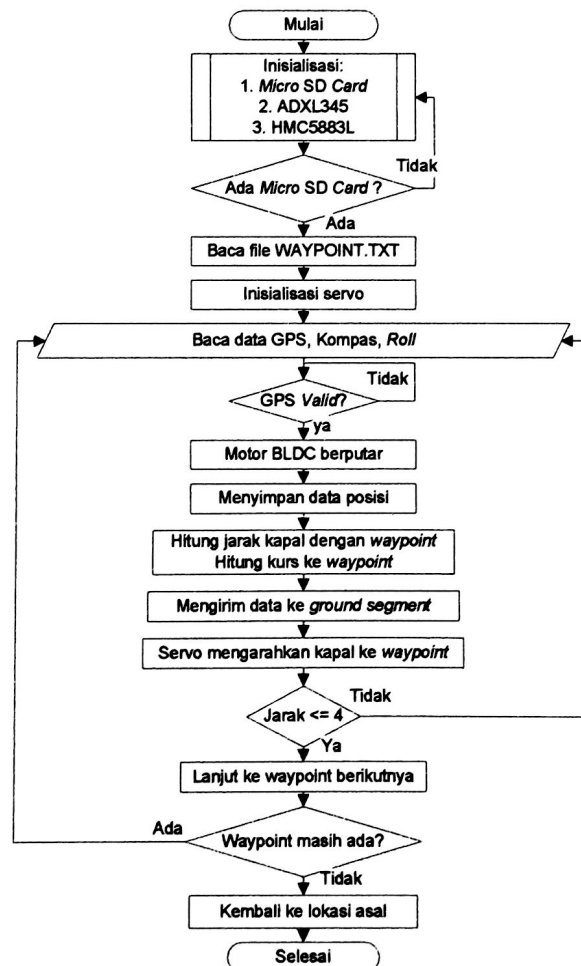
Modul *micro SD card* Catalex digunakan untuk membaca dan menulis data pada kartu *micro SD*. Antarmuka yang digunakan pada modul ini adalah *Serial Peripheral Interface* (SPI).

Modul KYL-1020U merupakan modul radio yang bersifat *transceiver*, yaitu dapat berlaku sebagai *transmitter* dan *receiver*, dengan antarmuka UART dengan *BaudRate* 9600. Komunikasi antar KYL-1020U secara *wireless* menggunakan gelombang radio pada frekuensi 433 MHz.

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan sebuah instruksi tetap yang tersimpan dalam *flash memory program*. Mikrokontroler tidak dapat bekerja tanpa adanya perangkat lunak yang tertanam di dalamnya [9]. Perangkat lunak pada system mikrokontroler disebut juga dengan *firmware*. Perancangan *firmware* dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE versi 1.6.3. *Firmware* yang telah dibuat kemudian diunduh ke mikrokontroler Arduino Mega 2560. Perangkat lunak yang dibuat memiliki empat fungsi utama yaitu, menentukan arah tujuan wahana berdasarkan *waypoint*, menerima data kompas, *roll*, posisi koordinat berdasarkan GPS, melakukan penyimpanan data, serta mengirimkan data ke *ground segment*. Data yang diterima oleh *ground segment* ditampilkan dalam *user interface*. Alur perangkat lunak kapal permukaan otomatis dapat dilihat pada Gambar 7.

Mikrokontroler melakukan inisialisasi sensor akselerometer (ADXL345), sensor magnetometer (HMC5883L) dan *micro SD card* pada saat awal dihidupkan. Jika *micro SD card* rusak atau belum dimasukkan maka mikrokontroler melakukan proses inisialisasi hingga *micro SD card* terdeteksi. Jika *micro SD card* serta sensor berfungsi dengan benar maka mikrokontroler membaca file WAYPOINT.TXT yang berisi titik-titik *waypoint* yang akan dituju sehingga akan diketahui jumlah *waypoint*.



Gambar 9 diagram alir perangkat lunak kapal permukaan otomatis

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2)$$

$$c = 2 \cdot \arctan 2(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)})$$

$$d = R \cdot c$$

$$(1)$$

$$\theta = \arctan 2(\sin \Delta\lambda \cdot \cos \phi_2, \cos \phi_1 \cdot \sin \phi_2 - \sin \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \cos \Delta\lambda)$$

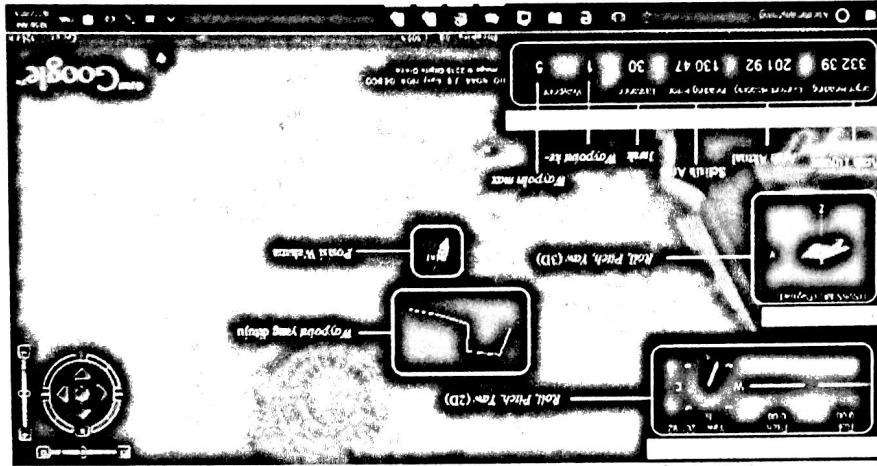
$$(2)$$

Setelah mikrokontroler membaca banyaknya *waypoint*, kemudian servo digerakkan ke kanan dan ke kiri masing-masing selama dua detik kemudian kembali ke posisi normal untuk memastikan kapal dapat bermanuver dengan baik. Ketika semua komponen telah berfungsi dengan baik, mikrokontroler mengambil data posisi dalam bentuk koordinat dengan menggunakan modul GPS U-blox Neo 6M, arah orientasi kapal dengan sensor magnetometer dan nilai *roll* kapal dengan menggunakan sensor akselerometer.

Posisi yang didapatkan melalui GPS harus merupakan data yang valid agar penentuan arah tujuan kapal menjadi akurat. Ketika data GPS yang didapatkan tidak valid maka mikrokontroler terus mengambil data hingga data GPS valid. Ketika data GPS sudah valid, maka kapal kemudian dijalankan untuk mengikuti *waypoint* yang ada. Perhitungan jarak kapal dengan *waypoint* menggunakan persamaan (1) dan arah tujuan kapal menuju *waypoint* menggunakan persamaan (2).

2.2 Antarmuka Pengguna dengan Google Earth

Tampilan *user interface* dapat dilihat pada Gambar 8. *User interface* terdiri dari Google Earth dan juga Python. Data yang ditampilkan menggunakan Python terdiri dari data *roll*,



Gambar 10 tampilan antarmuka pengguna

pitch, *yaw* / kompas, arah target, arah saat ini, selisih arah, jarak ke target, serta *waypoint* saat ini dan jumlah maksimal *waypoint*. Data yang ditampilkan menggunakan *Google Earth* adalah data posisi saat ini dari wahana dan lintasan yang akan dilalui oleh wahana.

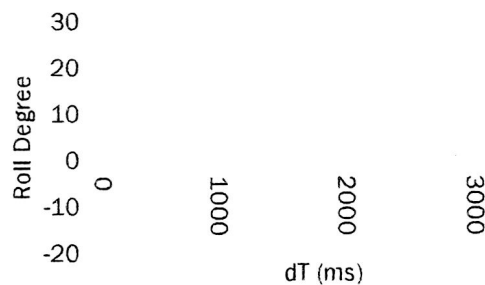
Pemilihan *Google Earth* untuk menampilkan posisi wahana dikarenakan penggunaan yang cukup mudah dan tampilan yang *user friendly* atau mudah digunakan. *Google Earth* juga tersedia dengan peta tak berbayar sehingga mudah untuk mengakses lokasi yang digunakan. Lokasi wahana ditunjukkan dengan *tool placemark*. Posisi *placemark* berpindah sesuai posisi wahana sebenarnya (*real time*) dengan memperbaharui file *.kml yang berisi posisi koordinat *placemark*. Rute *waypoint* yang ditampilkan dengan menggunakan *tool path* pada *Google Earth*.

Dalam penggunaannya, pengguna hanya perlu membuka file *.kml dengan menggunakan *Google Earth* kemudian menjalankan *script python* yang telah dibuat. Agar dapat berkomunikasi antara Arduino dengan perangkat komputer, *port* pada *script python* harus disesuaikan dengan *port* yang terbaca pada perangkat komputer.

2.3 Perancangan dan Uji Coba Sistem Observasi Kapal Permukaan Otomatis

Uji Stabilitas

Uji stabilitas dilakukan dengan melihat nilai *rolling duration*. Nilai tersebut didapat dengan menghitung lama waktu yang dibutuhkan oleh kapal pada saat dimiringkan secara maksimal hingga kembali ke posisi tegak.

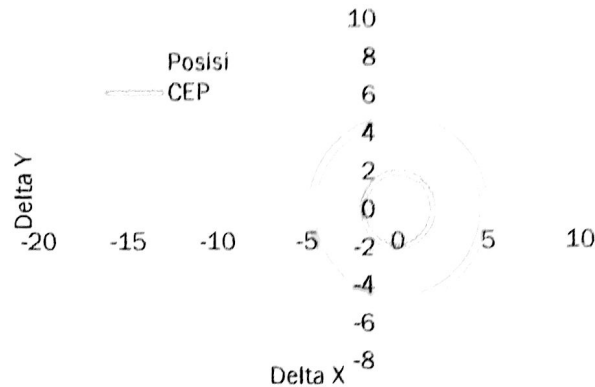


Gambar 11 grafik *rolling duration*

Gambar 9 menunjukkan kapal membutuhkan waktu 3077 ms atau sekitar 3 detik untuk kembali pada keadaan tegak setelah dimiringkan secara maksimal. Wahana mengalami 6 kali oleng. Pada oleng pertama, sudut saat dimiringkan sebesar $13,4^\circ$ ke kiri dan kapal mendapat dorongan untuk kembali ke posisi semula sehingga mencapai kemiringan 24° ke kanan. Pada oleng kedua, kapal miring ke kiri sebesar $4,7^\circ$ lalu ke kanan hingga $3,1^\circ$. Rata-rata waktu yang dibutuhkan kapal untuk kembali ke posisi 0° pada tiap olengnya adalah 114,3 ms dengan reduksi oleng dari oleng pertama ke oleng kedua sebesar 86,8%. Persen reduksi oleng yang besar tersebut dikarenakan kapal yang digunakan berjenis katamaran. Kapal berjenis *mono hull* memiliki nilai persen reduksi oleng yang lebih kecil dibandingkan kapal berjenis katamaran, yaitu sebesar 30 – 35 % [10]. Nilai reduksi oleng yang besar akan mengakibatkan kapal akan lebih cepat kembali ke posisi semula setelah mengalami oleng.

Uji Akurasi GPS

Uji akurasi GPS dilakukan dengan meletakkan GPS pada satu lokasi dalam waktu 60 menit untuk merekam posisi koordinat yang didapatkan. Peletakkan GPS harus di tempat yang terbuka dan tidak ternaungi agar GPS mendapatkan data posisi yang akurat. Untuk menghitung nilai akurasi GPS, nilai posisi yang digunakan dalam bentuk *Easting* dan *Northing*. Nilai posisi yang didapatkan dari GPS dalam bentuk *Latitude* dan *Longitude* kemudian diubah kedalam bentuk *Easting* dan *Northing*.



Gambar 12 uji akurasi gps selama 60 menit

Gambar 10 memberikan data akurasi GPS menggunakan CEP bernilai 1,9377 m dan 2DRMS bernilai 4,7570 m. Perhitungan nilai akurasi GPS menggunakan CEP (*Circular Error Probable*) 50% dan 2DRMS (*Twice the Distance Root Mean Square*) 95% dengan persamaan (3) dan (4).

$$CEP = 0.59 (\sigma_x + \sigma_y) \quad (3)$$

$$2DRMS = 2 \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (4)$$

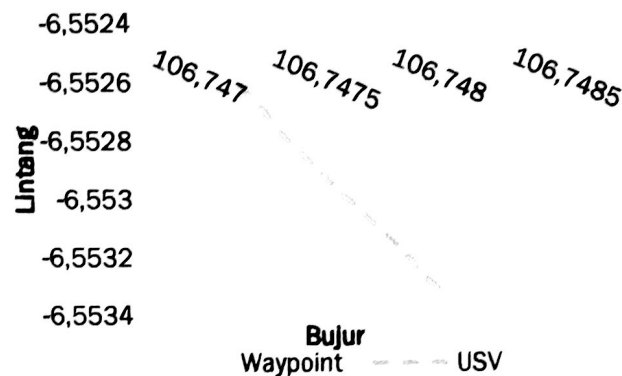
CEP 50% berarti radius 50% dari jarak akurasi GPS, sedangkan 2DRMS 95% berarti radius 95% dari jarak akurasi GPS. GPS memiliki tingkat akurasi yang semakin tinggi jika nilai akurasinya semakin mendekati nol. Nilai akurasi GPS yang didapatkan pada CEP 50% lebih kecil dibandingkan dengan nilai akurasi GPS pada CEP 50% berdasarkan *datasheet*, yaitu 1,9377 meter dibandingkan 2,5 meter. Hal tersebut menunjukkan bahwa GPS yang digunakan masih memiliki tingkat akurasi yang tinggi

Uji Coba Sistem Observasi Kapal Permukaan Otomatis

Uji coba dilakukan untuk melihat kemampuan wahana dalam mengikuti lintasan yang telah dibuat, seperti lintasan lurus, zigzag, parallel, dan berbentuk huruf "S" dengan bentuk wahana yang ada. Wahana dikatakan mampu mengikuti lintasan yang ada jika nilai selisih jarak wahana dengan waypoint tidak lebih besar dari nilai 2DRMS 95% GPS, yaitu sebesar 4,757 meter. Selisih jarak dihitung pada tiap titik waypoint terhadap posisi wahana yang sebenarnya pada sumbu X dan/atau sumbu Y.

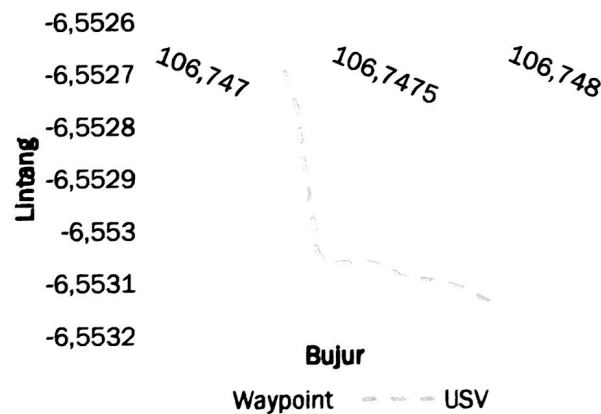
Pada lintasan lurus terdapat 11 titik waypoint yang dimulai dari titik -6,5526 LS dan 106,7473 BT menuju -6,5532 LS dan 106,7481 BT. Jarak antar waypoint rata-rata

sebesar 11,4 meter, dengan panjang lintasan sebesar 114,7 meter. Nilai *error* terhadap sumbu x terbesar terdapat pada *waypoint* ke-7 yaitu sebesar 2,1 meter. Nilai *error* terhadap sumbu y terbesar terdapat pada *waypoint* ke-7 yaitu sebesar 1,2 meter. Nilai tersebut masih berada dibawah nilai 2DRMS 95% GPS sehingga dapat dikatakan bahwa wahana masih tepat mengikuti lintasan lurus. Hasil uji lapang pada lintasan lurus dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 13 perbandingan *waypoint* dengan posisi aktual kapal pada lintasan parallel

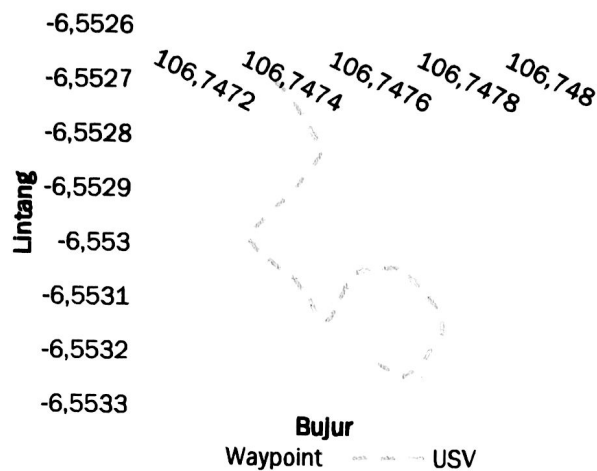
Pada lintasan zigzag terdapat 9 titik *waypoint* yang dimulai dari titik -6,5527 LS dan 106,7473 BT menuju -6,5531 LS dan 106,7479 BT. Jarak antar *waypoint* rata-rata sebesar 11,3 meter, dengan panjang lintasan sebesar 83,9 meter. Nilai *error* terhadap sumbu x terbesar terdapat pada *waypoint* ke-4 yaitu sebesar 2,6 meter. Nilai *error* terhadap sumbu y terbesar terdapat pada *waypoint* ke-1 yaitu sebesar 3,7 meter. Nilai tersebut masih berada dibawah nilai 2DRMS 95% GPS sehingga dapat dikatakan wahana tepat dalam mengikuti lintasan zigzag. Hasil uji lapang pada lintasan zigzag dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 14 perbandingan *waypoint* dengan posisi aktual kapal pada lintasan parallel

Pada lintasan parallel terdapat 16 titik *waypoint* yang dimulai dari titik -6,5527 LS dan 106,7474 BT menuju -6,5532 LS dan 106,7477 BT. Hasil uji lapang pada lintasan parallel dapat dilihat pada Gambar 13. Jarak antar *waypoint* rata-rata sebesar 7,8 meter, dengan panjang lintasan sebesar 141,9 meter. Nilai *error* terhadap sumbu x terbesar terdapat

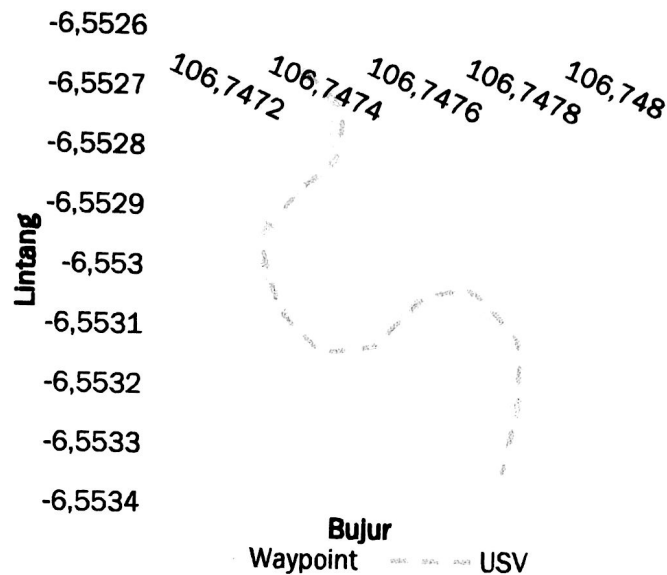
pada waypoint ke-5 yaitu sebesar 4,8 meter. Nilai error terhadap sumbu y terbesar terdapat pada waypoint ke-15 yaitu sebesar 3,9 meter.



Gambar 15 perbandingan waypoint dengan posisi aktual kapal pada lintasan parallel

Nilai error pada sumbu y masih berada dibawah nilai 2DRMS 95% GPS, sedangkan nilai error pada sumbu x lebih besar dari nilai 2DRMS 95% GPS. Hal ini disebabkan posisi lintasan yang diagonal terhadap sumbu x dan sumbu y, sehingga jarak menjadi lebih jauh pada sumbu x dan sumbu y. Pada waypoint ke-5, jarak terdekat terhadap posisi GPS aktual sebesar 2,4 meter. Nilai tersebut masih masuk kedalam toleransi wahana dalam penghitungan jarak sehingga wahana melanjutkan perjalanan meskipun jarak pada sumbu x tersebut lebih besar dari nilai 2DRMS 95% GPS. Selain itu, kapal dengan jenis katamaran memiliki kekurangan dalam maneuver dan semua jenis kapal tidak dapat melakukan maneuver secara patah. Sehingga pada lintasan parallel gerak maneuver kapal akan lebih memutar dan menghasilkan jarak error antara titik waypoint dan posisi wahana yang lebih besar.

Pada lintasan berbentuk huruf S terdapat 16 titik *waypoint* yang dimulai dari titik -6,5526 LS dan 106,7474 BT menuju -6,5533 LS dan 106,7478 BT. Jarak antar *waypoint* rata-rata sebesar 8,9 meter, dengan panjang lintasan sebesar 134,8 meter. Nilai *error* terhadap sumbu x terbesar terdapat pada *waypoint* ke-9 yaitu sebesar 3,8 meter. Nilai *error* terhadap sumbu y terbesar terdapat pada *waypoint* ke-7 yaitu sebesar 4,4 meter. Nilai *error* tersebut masih berada dibawah nilai 2DRMS 95% GPS sehingga dapat dikatakan bahwa wahana masih mengikuti lintasan dengan tepat. Hasil uji lapang pada lintasan S dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 16 perbandingan waypoint dengan posisi aktual kapal pada lintasan S

Pada uji lapang dapat dilihat bahwa USV merespon titik *waypoint* yang telah dibuat dan dapat mengikuti bentuk lintasan yang telah dibuat, yaitu lintasan lurus, lintasan zigzag, lintasan parallel, dan lintasan berbentuk huruf S. Nilai *error* yang ada dikarenakan adanya toleransi yang diberikan pada algoritma wahana. Hal ini menunjukkan bahwa USV bersifat *autonomous* yang dapat berjalan secara otomatis. Selain itu USV juga dapat dikendalikan menggunakan *remote* sebagai *transmitter* dengan jarak hingga 200 meter. Pemilihan mode manual dan otomatis dilakukan menggunakan *remote* kendali. Ketika *remote* kendali dihidupkan, maka wahana secara otomatis menjadi manual dan dapat dikendalikan. Namun ketika *remote* kendali dimatikan, maka wahana secara otomatis berjalan mengikuti *waypoint*. Nilai rata-rata *error* posisi wahana terhadap lintasan pada sumbu x dan sumbu y sebesar 1,5 meter.

3 Kesimpulan

Rancang bangun wahana permukaan tak berawak (*unmanned surface vehicle* (USV)) telah berhasil dilakukan. USV berjalan secara otomatis dengan mengikuti *waypoint* yang telah ditentukan. USV yang dibuat cukup sederhana dengan bahan dasar pembuatannya menggunakan pipa PVC dan aluminium yang mudah didapatkan dan mudah dalam perancangannya. *Waypoint* yang ingin dituju dimasukkan kedalam *micro SD* pada wahana. Nilai *error* terbesar pada sumbu x yaitu 4,8 meter dan pada sumbu y 4,4 meter. Nilai akurasi GPS dengan CEP 50% sebesar 1,9 meter dan 2DRMS 95% sebesar 4,7 meter. Wahana mampu mengikuti lintasan dengan baik pada lintasan lurus, zigzag dan lintasan S dan cukup baik pada lintasan parallel dengan rata-rata *error* pada sumbu x dan sumbu y sebesar 1,5 meter. Pada lintasan parallel wahana kurang mampu melakukan manuver pada lintasan yang berbelok patah. Wahana cukup stabil dengan waktu yang dibutuhkan untuk kembali pada keadaan semula sekitar 3 detik setelah diolengkan.

4 Nomenklatur

ϕ = Latitude

λ	=	Longitude
σ_x	=	standar deviasi <i>easting</i>
σ_y	=	standar deviasi <i>northing</i>
2DRMS	=	<i>Twice the Distance Root Mean Square</i>
CEP	=	<i>Circular Error Probable</i>
R	=	Jari-jari Bumi

5 Daftar Pustaka

- [1] J. E. Manley, "Unmanned Surface Vehicle, 15 Years of Development," *OCEAN 2008*. Quebec City: IEEE, 2008, pp.1-4.
- [2] Rujian Y, Shuo P, Han-bing S, Yong-jie P, "Development and Mission of Unmanned Surface Vehicle," *Journal of Marine Science Applied*, vol. 9, pp.451-457, 2010.
- [3] W. Naeem, T Xu, R. Sutton, A. Tiano, "The design of navigation, guidance, and control system for an unmanned surface vehicle for environmental monitoring," *Engineering for the Maritime Environment*, vol. 222, pp.67-79, 2007.
- [4] H. Ferreira, C. Almeida, A. Martins, J. Almeida, N. Dias, A. Dias, E. Silva, "Autonomous Bathymetry for Risk Assessment with ROAZ Robotic Surface Vehicle," *OCEAN 2009*. Bremen: IEEE, 2009, pp.1-9.
- [5] J. Fyson, *Design of Small Fishing Vessels*. Rome: FAO of the United Nation, 1985.
- [6] S. H. Ismail, *Perancangan program pemilihan propeller jenis wageningen B series berbasis efisiensi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2010.
- [7] Atmel, "8-bit atmel microcontroller with 16/32/64KB in-system programmable flash," 2014.
- [8] U-blox, "NEO-6 u-blox 6 GPS modules data sheet," 2011.
- [9] M. Idris, "Rancang bangun dan uji kinerja *water temperature data logger*," Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2014.
- [10] A. D. Ramadhan, "Keragaan oleng kapal *round bottom* (skala model) dengan luas *free surface* muatan cair yang berbeda," Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2012.