

Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem *Unmanned Surface Vehicle* (USV) untuk Survei Batimetri

Ni Made Rai Ratih C. Perbani¹, Deni Suwardhi²

¹ Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional (Itenas) – Bandung

² Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB, Bandung

Email: ratih_c@itenas.ac.id

ABSTRAK

Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah wahana yang dioperasikan pada permukaan air tanpa awak. Sistem ini awalnya dikembangkan untuk keperluan militer. Saat ini pengembangan untuk keperluan sipil telah banyak dilakukan. Sistem ini bermanfaat untuk memetakan lokasi yang sulit dilakukan oleh kapal survei biasa yang pengoperasiannya memerlukan ruang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem penentuan posisi dan navigasi berbasis Sistem USV sebagai upaya awal dalam pengembangan bidang hidrografi di Itenas. Pembangunan sistem USV didasarkan pada Model Windrush II Airboat yang direkonstruksi tiga dimensi secara digital dari foto model tersebut menggunakan teknologi Reverse Engineering Metode Close Range Photogrammetry yang diperbesar dua kali. Sistem navigasinya menggunakan open source software ArduPilot. Sistem diujicobakan di Danau Saguling. Berdasarkan penelitian didapatkan bahwa perlu modifikasi pada bagian bawah dan depan desain model. Wahana apung yang dihasilkan: memiliki daya apung baik dan lebih stabil jika dimuati beban; daya angkut beban kurang lebih 8 kg; kecepatan rata-rata 5 m/detik; waktu pengoperasian sampai 2 jam; telemetri navigasi bekerja dengan maksimum jarak 10 kilometer, sistem tracking GPS berjalan dengan baik; sistem Auto Navigation belum bekerja dengan sempurna, wahana sudah bergerak secara otomatis ke arah waypoint, tetapi gerakannya belum stabil.

Kata kunci: *Unmanned Surface Vehicle, Reverse Engineering, Auto Navigation.*

ABSTRACT

Unmanned Surface Vehicle (USV) refers to any vehicle that operates on the surface of the water without a crew. Nowadays, not only for military purpose, many of civilian purposes was also taken in considerations Operating the ordinary hydrographic vessel need the wider horizontal and vertical space. USV is more capable for charting the very shallow and narrow waters. This research is intended to build the positioning and navigation system based on Unmanned Surface Vehicle System as the starting effort for developing hydrography at Itenas USV model is developed based on Windrush II Airboat, enlarged two times from the original, digital 3D reconstruction from the model photographs using Reverse Engineering of Close Range Photogrammetry Method. Open source software ArduPilot is applied for navigation system. The system is tested in Saguling Lake. From this research it is founded that the modification of the model design is needed at the bottom and front of the vessel. The spesification of the vessel which is build from this research are: has the good buoyancy and more stable when loaded; load carrying capacity approximately 8 kg; an average speed of 5 m/sec; operating time up to 2 hours; telemetry of navigation works with a maximum distance of 10 kilometers, GPS tracking system is running well; Auto Navigation system has not worked perfectly, the vessel is moving automatically to the waypoint, but the movement has not been stable.

Keywords: *Unmanned Surface Vehicle, Reverse Engineering, Auto Navigation.*

1. PENDAHULUAN

Istilah *Unmanned Surface Vehicle (USV)* atau *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* dimaksudkan untuk wahana yang dioperasikan pada permukaan air tanpa awak [1]. USV sebenarnya telah diujicobakan sejak Perang Dunia II [2], namun belum terlalu dikenal karena kapal-kapal pengintai tanpa awak seperti OWL Mk II masih diklasifikasikan sebagai Autonomous Underwater Vehicle (AUV). Kanada mengembangkan konsep torpedo COMOX sebelum penyerangan ke Normandia. USV didesain untuk mengeluarkan asap selama penyerangan sebagai pengganti pesawat. Setelah Perang Dunia II penggunaan USV menjadi lebih berkembang, di antaranya untuk mengambil sampel air yang terkena radioaktif setelah pemboman Able dan Baker di Atol Bikini tahun 1946. USV juga sangat berguna dalam bidang oseanografi karena memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan pelampung pengamat cuaca, namun lebih murah dibandingkan kapal pengamat cuaca dan kapal penelitian serta lebih fleksibel daripada yang dapat dilakukan oleh kapal komersial.

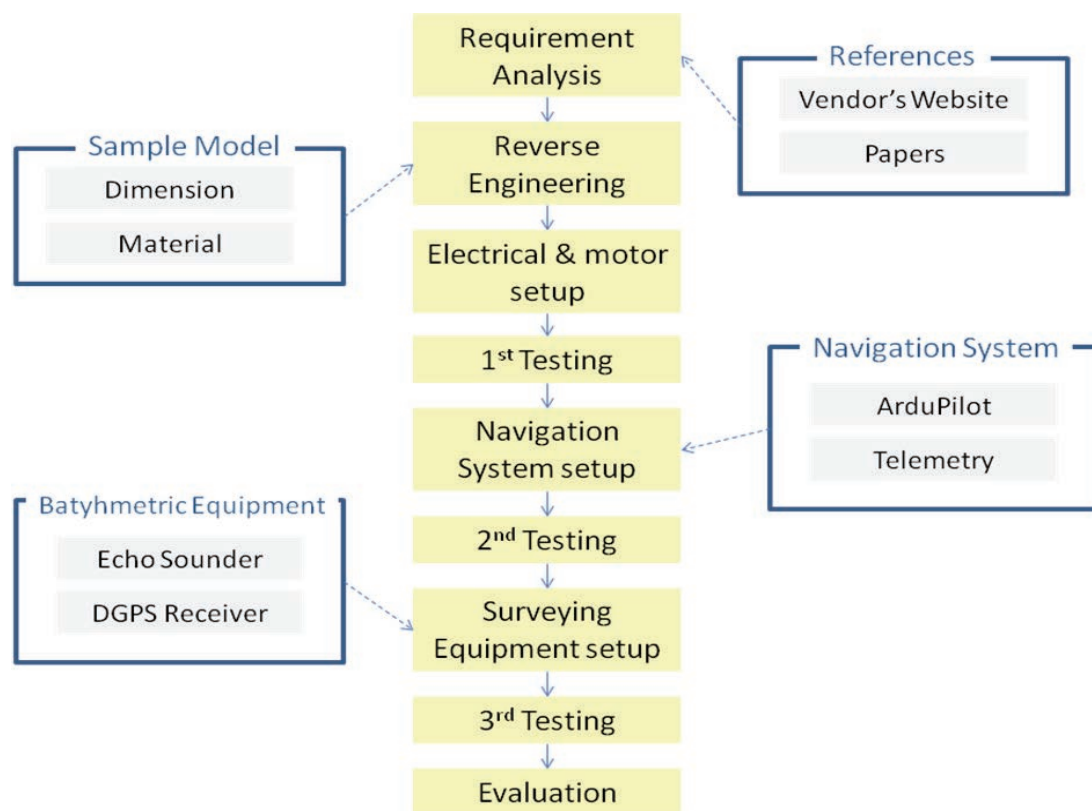
Menurut [3] wahana apung robotik seperti ROAZ akan menjadi peralatan yang efisien untuk mengatasi survei yang beresiko, seperti di perairan dangkal dan di sekitar garis pantai. Sistem ini dapat mengisi kekosongan data yang tidak dapat dilakukan oleh kapal survei hidrografi biasa. Menurut [4] penelitian di wilayah pinggir pantai menghadirkan tantangan teknologi tersendiri. Hal ini disebabkan oleh dinamika lingkungannya, lebih banyaknya data yang perlu diambil, dan pekerjaan survei di perairan yang sangat dangkal menjadi terbatas secara geofisis. Pada tahun 2004 USGS bekerja sama dengan NOAA's Coastal Services Center mulai melakukan pemetaan dasar laut tahunan untuk mengetahui habitat tiram dengan lebih baik di Teluk Apalachicola, Florida di mana daerah ini merupakan estuari yang dangkal memanjang di sebelah utara Teluk Meksiko. Seperti diketahui bahwa tiram merupakan sumberdaya bernilai ekonomi tinggi dan penting bagi pelestarian lingkungan. Beting tiram akan menjadi pelindung terhadap badai dan dapat mencegah terjadinya erosi pantai. Para pelaut paham betul bahwa berlayar dekat beting tiram berbahaya dan sedapat mungkin harus dihindari. Karenanya untuk pengambilan data di Teluk Apalachicola ini diperlukan teknologi yang tepat di mana teluk tersebut merupakan daerah beting tiram dan dangkal (kurang dari 5 meter). Untuk mengatasi kondisi perairan yang sangat dangkal ini USGS pada tahun 2006 menggunakan Autonomous Surface Vehicle (ASV) untuk memetakan dasar laut di teluk ini. ASV ini dilengkapi dengan *chirp sub-bottom profiler* (4-24 KHz), *dual-frequency sidescan sonar* (100/400kHz), *single-beam echosounder* (235 KHz), kamera digital, dan telah digunakan untuk menentukan batas sebaran dan ketebalan sedimen permukaan, deteksi keberadaan tiram, dan morfologi dasar laut di laut dangkal. ASV dibuat menggunakan pelat *catamaran-based*, dengan panjang 3 meter, lebar 1-2 meter, dan berat lebih kurang 260 lbs. Wahana ini dijalankan dikendalikan menggunakan jaringan 802.11b tanpa kabel dengan monitoring perolehan datanya secara *real-time*. ASV dinavigasi menggunakan DGPS/RTK. *Heave, pitch, roll*, dan *heading* diamati menggunakan sensor gerakan yang dipasang. ASV tidak hanya memiliki kemampuan untuk penelitian di perairan dangkal yang tidak dapat dilalui oleh kapal survei biasa, tapi juga akan memberikan pemahaman kontrol geologis yang lebih baik terhadap keadaan pantai saat ini dan evolusi pantai.

Survei batimetri untuk daerah perairan sangat dangkal, seperti di daerah pelabuhan, sungai atau muara sungai, bendungan maupun daerah sedimentasi biasanya sulit dilakukan dengan menggunakan kapal yang besar. Salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan menggunakan wahana apung tanpa awak. Wahana apung tanpa awak dirancang untuk pergerakan cepat di perairan dangkal maupun daerah perairan yang sulit terjangkau. Ukuran kecil memungkinkan untuk operasional dengan satu orang kru saja, sehingga dapat mengurangi waktu dan biaya dibandingkan dengan mengerahkan kru yang banyak dalam perahu yang lebih besar. Jam kerja dapat direduksi dan lebih sedikit waktu yang diperlukan daripada menggunakan perahu yang lebih besar. Di samping itu, perahu juga membutuhkan dermaga untuk merapat. Namun, wahana apung tanpa awak juga dapat dimanfaatkan bersama dengan metode konvensional survei batimetri. Peluncuran dan pengendalian dapat dilakukan dari perahu yang lebih besar atau dari darat manakala ditemui perairan dangkal dan area yang sulit dijangkau oleh perahu biasa. Wahana apung tanpa awak ini berukuran kecil dan portabel, tapi kokoh dan bisa

diandalkan. *Software* khusus dan *interface* membuat penggunaannya sangat sederhana. Dengan instruksi dan praktik, setiap orang dapat mengumpulkan data. Berdasarkan paparan yang telah disampaikan maka tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk membangun suatu sistem penentuan posisi dan navigasi berbasis Sistem Unmanned Surface Vehicle sebagai upaya awal dalam pengembangan bidang Survei Hidrografi di Jurusan Teknik Geodesi Itenas.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam pembangunan sistem penentuan posisi dan navigasi berbasis Sistem *Unmanned Surface Vehicle* secara garis besar dapat dilihat pada skema di Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Metode penelitian

Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan identifikasi sistem wahana apung tanpa awak yang sudah ada dari sumber *website* maupun makalah pada jurnal maupun *proceeding* internasional. Sebagai contoh hasil identifikasi melalui *website*, perusahaan di Amerika Searobotics Corporations telah membuat beberapa jenis wahana apung tanpa awak untuk keperluan survei batimetri.

Tahap kedua adalah proses *Reverse Engineering* atau replikasi dari model *boat* mini yang sudah ada, yaitu Windrush II Airboat dengan metode *Close Range Photogrammetry* (CRP) atau Fotogrametri Rentang Dekat. Model Digital Tiga Dimensi yang dihasilkan dari metode CRP akan digunakan sebagai referensi dalam rekonstruksi model wahana apung yang lebih besar (berukuran dua kali model). Gambaran model wahana apung dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Model wahana apung (Windrush II Airboat)

Selanjutnya hasil rekonstruksi wahana apung akan diberi perlengkapan motor beserta baling-baling, penggerak *rudder* (kemudi), *receiver* dan sistem kelistrikan lainnya, termasuk sumberdayanya berupa aki kering. Pengujian tahap pertama dilakukan dengan fokus pengecekan pada wahana apung itu sendiri (kebocoran, daya apung dan daya angkut beban, kestabilan) dan sistem penggeraknya (motor, *rudder*, *receiver* dan *radio transmitter*, penggunaan sumberdaya aki). Lokasi ujicoba wahana apung dilakukan di perairan yang cukup tenang, yaitu di Danau Saguling.

Tahap berikutnya yang dilakukan adalah pemasangan sistem navigasi pada wahana apung. Dengan sistem navigasi ini, diharapkan pergerakan dari wahana dapat dijejak (*tracking*) secara jarak jauh atau lebih baik lagi dengan menggunakan sistem otomasi kendali navigasi berdasarkan *waypoint* yang diberikan pada sistem navigasi (*autopilot*,). Pengujian tahap kedua dimaksudkan untuk uji coba sistem navigasi yang telah terpasang. Lokasi ujicoba sistem navigasi rencananya juga dilakukan di perairan yang cukup tenang, yaitu di Danau Saguling.

Setelah sistem navigasi terpasang dan bekerja dengan baik, kegiatan lainnya adalah pemasangan sistem peralatan pemetaan batimetri, seperti *Echo Sounder* dan GPS teliti. Tahap selanjutnya adalah pengujian tahap akhir untuk pemetaan batimetri di perairan yang cukup tenang, seperti danau, waduk, atau sungai.

Tahap akhir adalah evaluasi sistem wahana apung tanpa awak untuk keperluan pemetaan batimetri ini secara keseluruhan. Dari hasil evaluasi dapat diketahui kekurangan-kekurangan yang ada sehingga dapat dibuat rekomendasi untuk langkah penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Wahana Apung

Identifikasi sistem wahana apung tanpa awak yang sudah ada dilakukan berdasarkan informasi dari berbagai sumber, di antaranya dari: *website*, makalah pada jurnal maupun *proceeding* internasional. Sebagai contoh hasil identifikasi melalui *website*, perusahaan di Amerika Searobotics Corporations telah membuat beberapa jenis wahana apung tanpa awak untuk keperluan survei batimetri. Wahana apung

yang diproduksi perusahaan ini memiliki berbagai tipe yang disesuaikan dengan kebutuhan tertentu, misalkan Tipe USV-2600 launches sonobuoys di Laut Artika, Hybrid USV untuk India, Stream Gauging di North Slope, Alaska [5]. Namun, model-model wahana apung yang ditelusuri tersebut hanya dijelaskan mengenai spesifikasinya saja dan tidak dijelaskan bagaimana membangun model wahana apung tersebut. Untuk membangun model wahana apung diperlukan pengetahuan tersendiri mengenai teknik perkapalannya. Bentuk, ukuran, kemampuan kapal akan disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Berdasarkan kesulitan tersebut maka akan lebih mudah untuk merekonstruksi suatu model wahana apung dari benda fisiknya. Rekonstruksi ini tidak dimaksudkan untuk memproduksi ulang wahana apung tersebut, tapi lebih ditujukan untuk mempelajari bentuk wahana apung tanpa harus mendesain dari awal sekali.

Windrush II Airboat merupakan *boat* mini yang menggunakan sistem *remote control*. Kapal kecil ini bukan ditujukan untuk survei batimetri. Namun, dengan adanya kapal ini secara fisik akan lebih memudahkan dalam analisis bentuk kapal. Mengingat penelitian yang dilakukan baru membangun wahana apung untuk perairan tenang maka model wahana apung apung yang digunakan ini masih dapat dipertimbangkan untuk digunakan. Selanjutnya akan dijelaskan mengenai rekonstruksi model wahana apung ini menggunakan teknologi *Reverse Engineering*.

3.2 Reverse Engineering

Reverse Engineering merupakan suatu proses di mana desain dari sebuah produk dibuat dengan cara digitasi dari model fisik, selanjutnya dari data digital tersebut dibentuk model CAD (*Computer Aided Design*) untuk memperkirakan aproksimasi dari model fisiknya [Ali, 2005 dalam [6]], sedangkan menurut [7] merupakan proses penelitian terhadap suatu produk (perangkat) yang telah ada, bertujuan untuk mendapatkan data yang teliti mengenai karakteristik, ukuran, dan prinsip kerjanya. Model tersebut dapat langsung digunakan, dimodifikasi, dan dioptimisasi. Dapat juga dikatakan sebagai proses duplikasi komponen yang sudah ada dengan mengambil gambar dari dimensi fisik objek tersebut. Model wahana apung Windrush II Airboat seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2 dijadikan referensi fisik untuk pembuatan model digital dengan teknik *Close Range Photogrammetry* (CRP). Selanjutnya model digital tersebut, diperbesar dengan skala dua kalinya. Dengan menggunakan model digital dengan skala dua kali tersebut selanjutnya dibuat model fisik atau cetakan dari kayu yang hasilnya seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Master cetakan untuk rekonstruksi pertama (gagal)

Cetakan dari kayu tersebut digunakan sebagai master cetakan dalam pembuatan wahana dengan menggunakan *fiberglass*. Pada penelitian ini, proses pembuatan master cetakan pertama mengalami

kegagalan. Hal ini disebabkan konstruksi dari model tidak sesuai dengan tebal lapisan *fiberglass* sehingga permukaan tidak kokoh. Alternatif perbaikan adalah dengan mempertebal lapisan *fiberglass*, akan tetapi hal ini tidak dilakukan karena akan mengakibatkan penambahan bobot dari wahana yang terlalu besar.

Pembuatan master cetakan kedua menggunakan model digital yang sudah dimodifikasi pada bagian bawah dan depan. Hasil konstruksi wahana apung dari master cetakan kedua dapat dilihat pada Gambar 4. Wahana yang dihasilkan cukup kuat dan stabil.

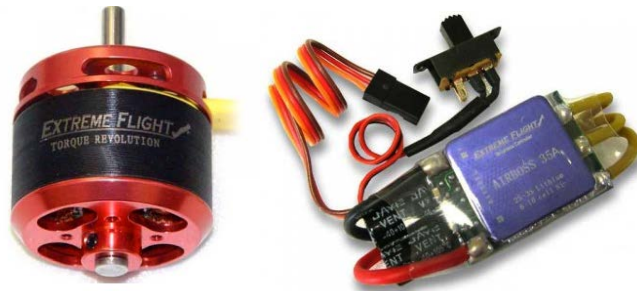


Gambar 4. Hasil rekonstruksi wahana apung berdasarkan master cetakan kedua (berhasil)

3.3. Pemasangan Sistem Penggerak dan Elektrik

Setelah hasil cetakan wahana dirasakan cukup baik untuk diteruskan pada proses selanjutnya, maka sebelum dilakukan uji apung dan uji penggerak, dipasang terlebih dahulu: sistem penggerak (motor dan baling-baling), sistem kemudi (*rudder*), sistem kendali jarak jauh, dan sumberdaya listrik. Sistem penggerak/motor menggunakan motor elektrik dengan sumber tegangan antara 24 s.d. 40 Volt. Motor tersebut dihubungkan dengan satu sistem kontrol yang dinamakan ESC (*Electronic Speed Controller*) yang berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak motor dengan cara menaikturunkan tegangan input. Gambar 5 memperlihatkan sistem penggerak dan pemasangannya pada wahana. Motor dipasang di atas, dengan pertimbangan wahana akan digunakan di perairan darat yang banyak rintangan (di antaranya tumbuhan).

*Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem
Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk Survei Batimetri*



(a) Motor Extreme Flight

(b) Electronic Speed Controller

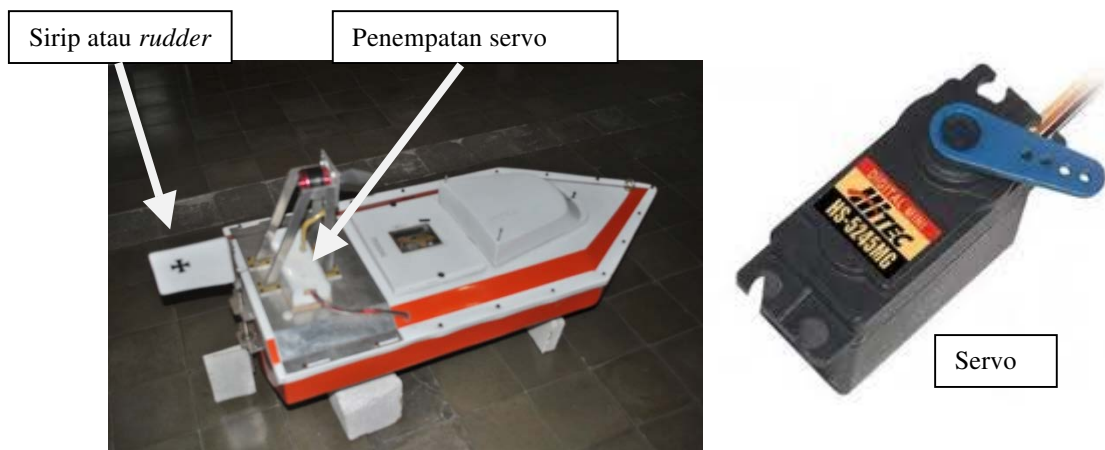


(c) Pemasangan Motor pada wahana (belakang)

(d) Pemasangan Motor pada wahana (depan)

Gambar 5. Sistem penggerak

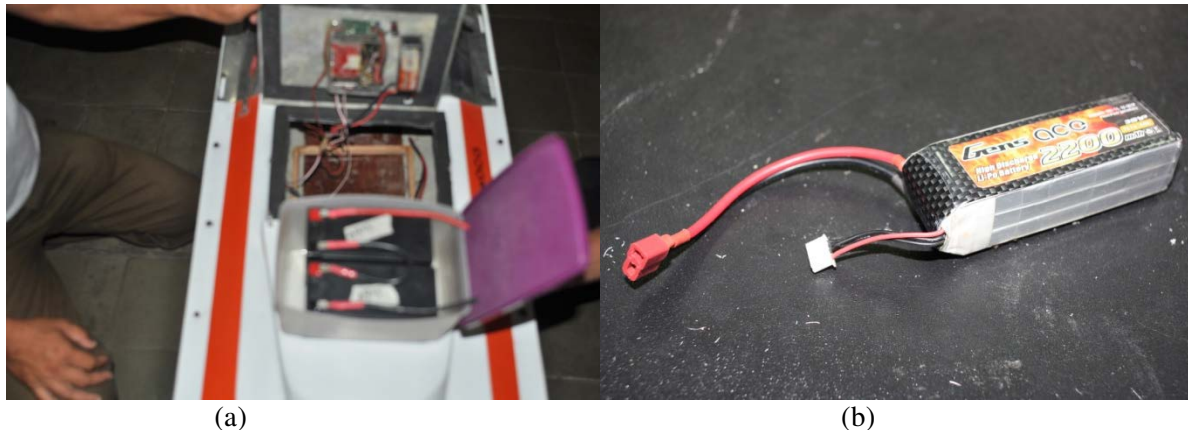
Sistem kemudi pada wahana berupa sirip yang bisa dipasang di atas maupun di bawah permukaan air. Sistem kemudi ini digerakkan secara mekanik oleh sebuah servo di mana servo tersebut digerakkan secara elektrik. Gambar 6 memperlihatkan sirip atau *rudder* pada wahana dan servo yang menggerakkannya.



Gambar 6. Pemasangan sistem kemudi

ESC yang merupakan kendali penggerak (motor) dan servo yang merupakan kendali kemudi, keduanya dikontrol secara jarak jauh dengan menggunakan sistem radio kontrol. Sistem radio kontrol yang digunakan menggunakan frekuensi 2.4 GHz di mana dengan frekuensi tersebut cukup aman dioperasikan dikarenakan frekuensi tersebut cukup jauh dari frekuensi-frekuensi radio amatir yang banyak digunakan.

Sumberdaya listrik yang digunakan dalam wahana dibedakan dalam dua jenis sumberdaya listrik, yaitu: (1) Dua s.d. tiga buah aki kering 12 volt 7,5 ampere dipasang secara serial dan digunakan untuk sumberdaya listrik motor penggerak wahana; (2) Satu buah Baterai LIPO 3 cell (12 volt) 2,2 ampere digunakan untuk sumberdaya listrik *receiver* dan servo penggerak kemudi. Hasil pemasangan sumberdaya pada wahana apung dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7 (a) Aki kering untuk motor, dan (b) Baterai Lipo untuk *receiver* dan servo

3.4 Pengujian Tahap Pertama

Pengujian tahap pertama dilakukan dengan fokus pengecekan pada wahana apung itu sendiri (kebocoran, daya apung dan daya angkut beban, kestabilan) dan sistem penggeraknya (motor, *rudder*, *receiver* dan *radio transmitter*, penggunaan sumberdaya aki). Lokasi ujicoba wahana apung telah dilakukan di perairan yang cukup tenang, yaitu di Danau Saguling dengan dermaga di Kota Baru Parahyangan pada tanggal 16 Oktober 2012 jam 13.00 sd jam 15.00 WIB. Tim terdiri dari empat orang, yaitu peneliti kedua, dua orang teknisi dan satu orang operator kontrol wahana. Hasil dari pengujian wahana apung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian wahana apung

No.	Parameter Pengujian	Hasil	Catatan
1.	Kebocoran	Tidak bocor	
2.	Daya Apung	Baik	
3.	Kestabilan	Baik	Stabil jika ada beban. Jika tanpa beban, kestabilan kurang
4.	Daya angkut beban	Cukup	Dengan menggunakan batu bata @ 2 kg, sebanyak 4 buah

Pada Gambar 8 dapat dilihat ketika dilakukan pengujian wahana apung.



Gambar 8. Uji apung dan beban

Setelah pengujian wahana sudah dilaksanakan dan hasilnya cukup baik, maka tahap berikutnya adalah pengujian kendali jarak jauh untuk motor penggerak dan kemudi. Gambar 9 ini memperlihatkan kegiatan pengujian kendali jarak jauh.



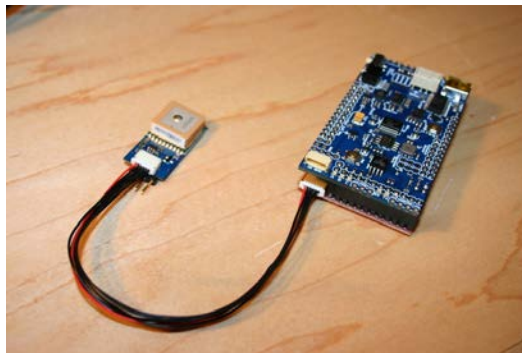
**Gambar 9. Uji motor dan kendali jarak jauh di Danau Saguling (Perumahan Kota Baru Parahyangan)
tanggal 16 Oktober 2012**

Hasil dari pengujian kendali jarak jauh untuk motor dan kemudi adalah seperti berikut ini: (1) Kecepatan rata-rata yang bisa dicapai adalah 5 meter per detik atau 18 km per jam; (2) Dengan konfigurasi sumberdaya listrik yang terpasang, waktu operasi yang bisa dicapai adalah sekitar 1,5 sampai dengan 2 jam, (3) Beban 4 batu bata dengan kurang lebih berat adalah 8 kg memberikan indikasi kemampuan wahana untuk membawa peralatan survei seperti *echo sounder* dan GPS teliti (DGPS). Namun, masih perlu digunakan variasi baling-baling yang berlainan untuk melihat kecepatan maksimum yang bisa dicapai.

3.5 Pemasangan Sistem Navigasi

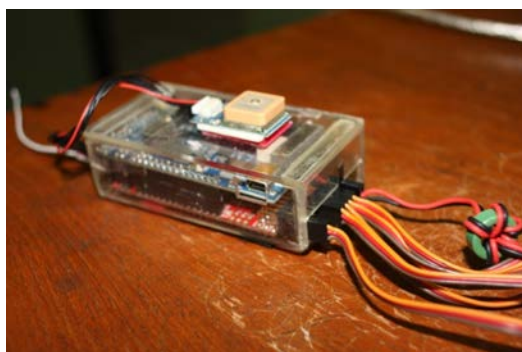
ArduPilot Mega adalah autopilot yang sepenuhnya diprogram dengan membutuhkan modul GPS dan sensor untuk membuat kendaraan berfungsi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) [8]. Autopilot menangani baik stabilisasi dan navigasi, menghilangkan kebutuhan untuk sistem stabilisasi yang terpisah. Hal ini juga mendukung mode "fly-by-wire" yang dapat menjaga kestabilan wahana ketika beroperasi secara manual di bawah kendali *radio control*, sehingga lebih mudah dan lebih aman untuk terbang.

Pada penelitian ini ArduPilot Mega di-*install firmware* ArduBoat yang didesain untuk kendali navigasi secara auto untuk wahana apung di air. Sensor yang digunakan hanya GPS, sensor lainnya seperti *airspeed*, IMU dan altimeter tidak difungsikan. Pemasangan modul GPS ditunjukkan pada Gambar 10. Penempatan GPS ini bisa diletakkan pada *casing* atau wadah ArduPilot itu sendiri ataupun tempat yang lainnya.



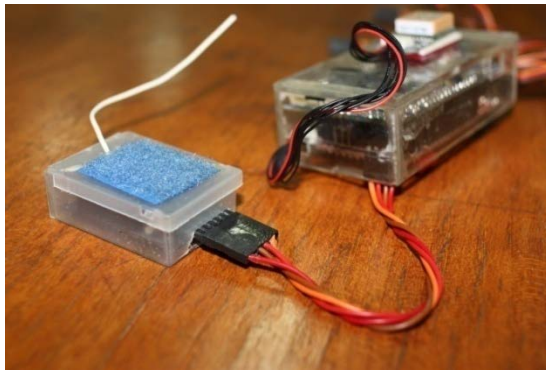
Gambar 10. Ardupilot Mega dan sensor GPS

Setelah semuanya terpasang, maka bentuk keseluruhan dari ArduPilot ini tampak seperti Gambar 11 berikut.

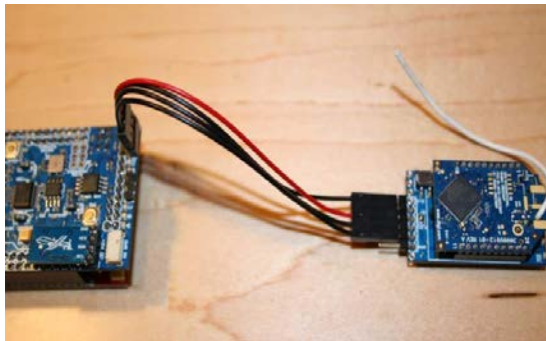


Gambar 11. Ardupilot Mega ditambah casing

*Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem
Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk Survei Batimetri*



(a)

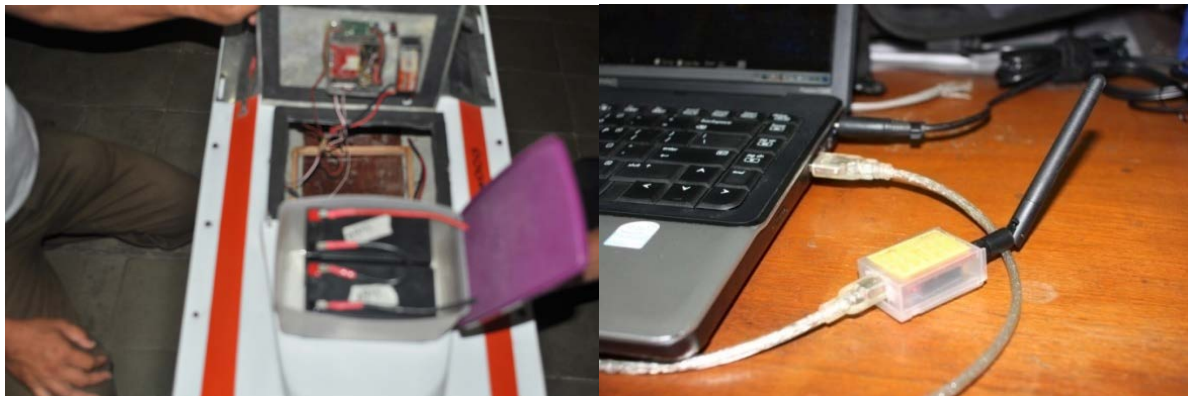


(b)



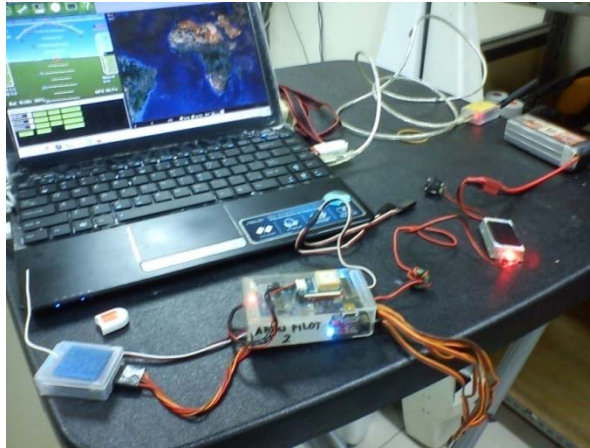
Gambar 12. Sistem Telemetry untuk Navigasi

Pada kedua Gambar 12 (a) terlihat komponen yang terhubung ke ArduPilot yang mana komponen tersebut dinamakan Xbee yang berfungsi sebagai pengirim data dari Ardupilot ke nirkabel Telemetry yang terpasang seperti pada Gambar 12 (b). Xbee tersebut terpasang pada ArduPilot yang keduanya dipasang di wahana.



Gambar 13. Sistem Telemetry Transmitter di wahana dan Receiver terhubung dengan laptop

Gambar 13 menunjukkan bagaimana ArduPilot dan Xbee yang terpasang di wahana apung dan nirkabel telemetry sebagai penerima data berada di bawah yang terhubung pada media laptop sehingga data yang diterima akan tampil pada media tersebut melalui program Mision Planner APM (ArduPilot MegaPlanner) seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Program *Mission Planner*

3.6 Pengujian Tahap Kedua

Pengujian tahap kedua dilakukan untuk ujicoba sistem navigasi yang telah terpasang. Lokasi ujicoba sistem navigasi telah dilakukan juga di perairan yang cukup tenang, yaitu di Danau Saguling dengan dermaga di Batujajar Cimahi pada tanggal 9 November 2012 jam 13.00 s.d. 17.00 WIB. Tim terdiri dari 4 orang, yaitu peneliti kedua, 1 orang mahasiswa S1, 1 orang teknisi dan 1 orang operator kontrol wahana.

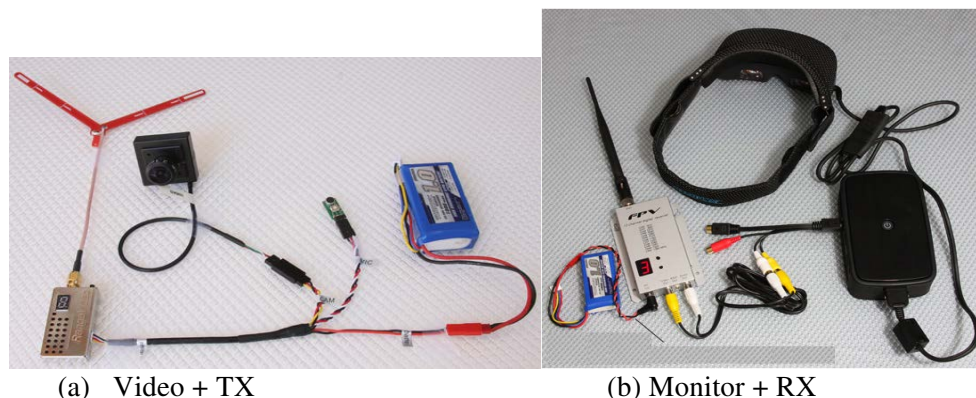
Gambar 15 memperlihatkan peralatan komputer yang dihubungkan dengan sistem *receiver telemetry* navigasi dengan *high gain antenna* yang memungkinkan *telemetry* navigasi bekerja dengan maksimum jarak sampai dengan 5 s.d. 10 kilometer *line of sight*.



Gambar 15. Pengujian Sistem Navigasi di Danau Saguling (Batujajar Cimahi) tanggal 9 Nopember 2012

Dari hasil pengujian sistem navigasi pada wahana dengan menggunakan ArduPilot Mega, dapat dilihat bahwa: (1) Sistem penjejakan/*tracking* GPS berjalan dengan baik dengan diperlihatkannya posisi setiap saat dari wahana melalui perangkat lunak MegaPlanner Modul Monitoring. *Telemetry* navigasi berjalan dengan baik dan kualitas pengiriman data rata-rata di atas 90%. Jarak terjauh yang bisa dicapai masih sekitar 1 kilometer. Hal ini disebabkan terbatasnya luasan Danau Saguling saat pengujian dilakukan. Keterbatasan dikarenakan banyaknya tumbuhan eceng gondok di sekitar danau; (2) Sistem Auto Navigation/Auto Pilot belum bekerja dengan sempurna. Saat tombol kendali otomatis ditekan, wahana bergerak secara otomatis ke arah *waypoint* yang ditentukan. Tetapi gerakan wahana tidak stabil, wahana seolah oleng ke kiri dan ke kanan. Hal ini diperkirakan karena *setting* beberapa

parameter dalam ArduBoat yang harus dioptimasi lebih jauh lagi. Optimasi ini memerlukan waktu yang cukup lama dan memerlukan pengetahuan karakteristik dari wahana apung yang dibuat; (3) Mengingat kedua hasil di atas, maka direkomendasikan untuk menggunakan sistem FPV (*First Person View*) dalam mengendalikan wahana. Dengan sistem FPV, pergerakan wahana tetap dikendalikan oleh operator secara manual, tetapi operator dibantu oleh sistem GPS tracking di modul monitoring dan gambar video yang dikirim secara jarak jauh dari wahana. Video ditempatkan di wahana dan bisa diputar sesuai keinginan operator. Sistem PFV dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Sistem FPV (a) Video dan TX pada wahana, (b) Sistem Monitoring dan RX pada operator

4. SIMPULAN

Hasil dari Penelitian Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem *Unmanned Surface Vehicle* (USV) untuk survei batimetri ini adalah berupa wahana apung tanpa awak. Beberapa simpulan dapat ditarik mengenai wahana apung yang dihasilkan yang diujicobakan di perairan yang tenang (Danau Saguling). Berdasarkan penelitian didapatkan bahwa perlu dilakukan modifikasi pada bagian bawah dan depan pada desain model wahana apung. Wahana apung yang dihasilkan: memiliki daya apung baik dan lebih stabil jika dimuati dengan beban; daya angkut beban kurang lebih 8 kg; kecepatan rata-rata 5 meter per detik; waktu pengoperasian 1,5 s.d 2 jam; telemetri navigasi bekerja dengan maksimum jarak 5 s.d. 10 kilometer *line of sight* dengan kualitas pengiriman data rata-rata di atas 90%, sistem penjejakan/*tracking* GPS berjalan dengan baik; sistem *Auto Navigation/Auto Pilot* belum bekerja dengan sempurna, wahana sudah bergerak secara otomatis ke arah *waypoint* yang ditentukan, tetapi gerakan wahana tidak stabil (wahana masih oleng ke kiri dan ke kanan).

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan Penelitian “Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem *Unmanned Surface Vehicle* untuk Survei Batimetri” yang menghasilkan suatu wahana apung tanpa awak yang diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam menentukan arah pengembangan bidang hidrografi di Itenas. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Itenas yang telah mendanai penelitian ini dan KK INSIG ITB yang telah memberikan inspirasi dari sistem *Unmanned Aerial Vehicle* yang dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] NN. (2008). "Unmanned Surface Vehicles. Wikipedia", *The Free Encyclopedia*.
- [2] Bertram, V. (2011). "Unmanned Surface Vehicles – A Survey". ENSIETA, 2 rue Francois Verny, F-29806 Brest, France.
- [3] Ferreira, H., et.al. (2009). "Autonomous Bathymetri for Risk Assessment ROAZ Robotic Surface Vehicle", Autonomous Systems Laboratory, Portugal.
- [4] Denny, J.F., et.al. (2010). "Advances in Shallow-Water, High-Resolution, Sea Floor Mapping: Integrating an Autonomous Surface Vessel (ASV) into Nearshore Geophysical Studies", Robotics Corporation, USA.
- [5] NN. (2012). "Searobotics Unmanned Systems". Dipetik December 3th 2012 dari <http://www.searobotics.com>
- [6] Arinita, D. (2011). "Penggunaan Metode Fotogrametri Rentang Dekat dan Laser Scanning Dalam Proses Reverse Engineering (Studi Kasus: Pesawat Tanpa Awak Easy Star) ", *Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika*, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia.
- [7] Górski, F., et.al. (2010). "Application of Close-Range Photogrammetry in Reverse Engineering", 7th International DAAAM Baltic Conference Industrial Engineering, Talinn, Estonia.
- [8] Osborne, M. (2012). "APM Planner 1.1.59", Unmanned Tech, United Kingdom.