

UJI KERJA AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE (ASV) DENGAN NAVIGASI AHRS KALMAN FILTER UNTUK BENTHIC SURVEY

*Amilga Fariz Sunarko¹, Joga Dharmo Setiawan², Toni Prahasto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, S.H., Tembalang, Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: amilgasunarko2000@gmail.com

Abstrak

Luas lautan Indonesia, mencakup 70% wilayahnya dengan 17.000 pulau, menyimpan 37% spesies ikan dan 76% terumbu karang global. Monitoring rutin dasar perairan penting, namun metode konvensional mahal dan rumit. Autonomous Surface Vehicle (ASV) menjadi alternatif, memungkinkan survei benthic secara otonom. Studi ini menguji operasionalitas ASV, membandingkannya dengan metode konvensional. ASV menunjukkan konsumsi daya 78,21 W pada kecepatan 1 m/s, dapat berlayar 8,1 km dalam 135 menit dengan baterai 222 Wh. Akurasi AHRS Kalman Filter mencapai 19 cm hingga 1,34 meter dengan rata-rata 50,3 cm, terkoneksi dengan 10-17 satelit. Data ASV digunakan untuk anotasi luas area, koordinat, dan kedalaman video, menggantikan metode UPT Transect. ASV membuktikan potensinya sebagai alat survei efisien dan inovatif untuk menjaga ekosistem laut Indonesia.

Kata kunci : ahhs kalman filter; asv; benthic survey; coral reef; geotag

Abstract

The vastness of the Indonesian ocean encompasses approximately 70 percent of its entire territorial area, bordered by 17,000 islands forming the world's longest coastline. Indonesia's ocean is home to 37% of fish species and 76% of coral species worldwide, covering a coral area of 24.5 million hectares. To preserve this ecosystem, periodic monitoring of the benthic or seabed zones is essential. However, routine monitoring with current conventional methods is costly, complex, and time-consuming. As an alternative, Autonomous Surface Vehicles (ASVs) can be utilized for autonomous benthic survey processes. To assess the capabilities of ASV as a benthic survey vehicle, this study conducted operational tests of the ASV and compared the quality of survey results with conventional methods. The test results revealed that the power consumption of the ASV was 98.22 W while sailing at a speed of 1 m/s. Consequently, the ASV could sail up to 8.1 km in 135 minutes with a 222 Wh battery. The AHRS Kalman Filter accuracy during testing ranged from 42 cm to 1.34 meters, with an average accuracy of 62.7 cm, and it was connected to 10-17 satellites. The recorded data from the ASV could be used to annotate extensive area data, coordinates, and depth on videos to replace the UPT Transect analysis method.

Keywords : ahhs kalman filter; asv; benthic survey; coral reef; geotag

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki karakteristik geografis yang istimewa dan berbeda dari negara besar lainnya di dunia. Lebih dari 70 persen dari total luas wilayah Indonesia terdiri dari perairan yang berbatasan dengan lebih dari 17.000 pulau, membentuk garis pantai sepanjang lebih dari 81.000 km, yang merupakan salah satu yang terpanjang di dunia. Wilayah laut Indonesia yang sangat luas dan unik ini tentu memberikan berkah bagi Indonesia dalam bentuk kekayaan biota laut yang sangat beragam [1].

Kekayaan alam laut di Indonesia termasuk yang paling beragam di dunia. Perairan Indonesia menjadi habitat bagi 76 persen dari semua spesies terumbu karang dan 37 persen dari semua spesies ikan di seluruh dunia. Luas tutupan terumbu karang di perairan Indonesia mencapai 24,5 juta hektar dengan sekitar 950 spesies yang berbeda [2]. Di antara berbagai biota laut yang ada, terumbu karang adalah yang paling krusial bagi kelangsungan hidup ekosistem laut dan bahkan dijuluki sebagai hutan tropis bagi lautan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa terumbu karang merupakan tempat tinggal, tempat mencari makan, berkembang biak, dan tempat pemeliharaan berbagai jenis ikan, udang, kepiting, dan moluska [3].

Dalam rangka memantau keadaan terumbu karang yang memiliki peran besar terhadap kelangsungan ekosistem laut, dilakukan survei yang penting. Metode survei zona bentik (benthic survey) telah menjadi pilihan umum karena keakuratannya dan tingkat keandalannya yang lebih tinggi dibandingkan dengan data survei permukaan atau survei satelit. Di Indonesia, metode benthic survey yang umum dipakai adalah metode manta tow dan Underwater Photo Transect (UPT). Metode manta tow melibatkan seorang penyelam yang ditarik oleh perahu untuk mencatat persentase terumbu

karang pada jarak tertentu sepanjang rute yang telah ditentukan [4].

Sementara itu, metode UPT melibatkan seorang penyelam untuk mengambil foto terumbu karang dalam bingkai persegi berukuran 50x50 cm setiap meter sepanjang garis transek sepanjang 50 meter [5][6]. Kedua metode ini memerlukan waktu dan biaya yang signifikan karena membutuhkan banyak sumber daya dan persiapan yang teliti [7]. Hasil akhir dari keduanya juga sangat tergantung pada individu yang melakukan survei dan anotasi, sehingga tingkat presisinya kurang optimal. Sebagai alternatif untuk survei bawah air, dalam beberapa tahun terakhir mulai banyak digunakan Autonomous Surface Vehicle (ASV) untuk *benthic survey* [8].

Wahana jenis ini dapat dilengkapi dengan sistem navigasi AHRS Kalman Filter yang memiliki akurasi hingga satuan sentimeter. Terdapat juga kamera yang dipasang didalam wadah kedap air untuk kemudian diturunkan ke bawah permukaan air dari dek yang akan mengambil video terumbu karang sepanjang rute yang telah ditentukan sebelumnya[9]. Wahana ini juga memiliki sonar yang digunakan untuk mengukur kedalaman terumbu karang yang datanya akan langsung tercantum pada datalog pixhawk. Setelah misi selesai, kamera dapat dinaikkan dan data video serta datalog Pixhawk dapat dipindahkan ke komputer untuk kemudian dilakukan perhitungan luas area frame secara otomatis [10]. Hasil dari kalkulasi luas area frame pada video tersebut serta beberapa data lain seperti kedalaman dan koordinat akan ditampilkan pada pojok kanan atas video tersebut.

Perhitungan luas area dan anotasi data luas area, kedalaman serta koordinat secara otomatis menggunakan bahasa pemrograman python. Dengan adanya wahana ASV dilengkapi dengan kamera bawah air dan sonar, diharapkan dapat membantu proses pemantauan terumbu karang dan pemantauan bawah air secara umum di Indonesia sehingga berbagai bentuk kerusakan dapat dideteksi sejak dini. Tugas akhir ini diharapkan dapat melakukan pengujian performa ASV yang akan dilakukan di Kolam Renang Diponegoro, Semarang; Umbul Muncul, Kab. Semarang; dan Umbul Senjoyo, Kab. Semarang.

2. Metode Penelitian

Proses pengembangan Autonomous Surface Vehicle (ASV) melibatkan serangkaian langkah yang dimulai dari desain menggunakan Solidworks 2021 hingga pengolahan data hasil pengujian. Tahap perakitan komponen dan wiring memastikan semua elemen, termasuk Pixhawk, telemetri, ESC, motor, receiver GNSS, dan baterai, terkoneksi dengan baik. Instalasi software GCS, firmware, dan kalibrasi merupakan langkah krusial untuk memastikan operasional yang lancar. Setelah pengaturan awal, instalasi software seperti VLC, Python, dan Pycharm dilakukan untuk mendukung pengambilan dan pengolahan data. Proses tuning parameter gerakan, termasuk PID, FF gain, WP speed, throttle, dan parameter navigasi, menjadi penting untuk mencapai kombinasi optimal dalam mode steering dan loiter. Perancangan dan pengujian misi autonomous menggunakan Mission Planner memberikan kesempatan untuk menyesuaikan jalur ASV sesuai kebutuhan. Pengambilan data IMU, video, dan posisi melibatkan analisis stabilitas ASV, akurasi GPS, dan konsumsi energi baterai. Ekstraksi video dan pembuatan coding anotasi dengan Python dan Pycharm meningkatkan pemahaman tentang lingkungan benthic. Terakhir, pengolahan data IMU dan AHRS Kalman Filter memberikan wawasan mendalam tentang stabilitas ASV dalam kondisi gelombang dan akurasi GPS. Hasil anotasi video memberikan informasi luar area, koordinat, dan kedalaman, meningkatkan pemahaman tentang kondisi benthic di lokasi survei. Secara keseluruhan, langkah-langkah ini menggambarkan perjalanan komprehensif dari perancangan hingga analisis data untuk meningkatkan kinerja dan pemahaman ASV dalam operasi survei bawah air.

2.1 Kriteria Operasional

Penelitian ini menekankan beberapa faktor operasional yang esensial untuk berhasilnya uji coba dan operasional Autonomous Surface Vehicle (ASV) dalam perannya sebagai wahana survei benthic. Pertama, kemudahan dalam perakitan dan transportasi menjadi prioritas dengan desain yang memungkinkan ASV dibongkar menjadi tiga bagian ringkas dan dapat disimpan dalam kotak kompak, serta berat total ASV yang hanya 6,72kg. Kedap air juga menjadi pertimbangan krusial, dengan komponen elektronik ditempatkan dalam casing yang kedap air untuk melindungi dari kondisi perairan lepas. Kemampuan manuver yang baik adalah kunci dalam menghasilkan survei yang akurat, dan ASV ini dirancang dengan fokus pada stabilitas dan kemampuan manuver yang dapat diandalkan. Analisis lebih lanjut tentang kemampuan manuver diuraikan dalam bab terpisah. Akurasi navigasi tinggi menjadi faktor penting untuk mencapai lokasi survei dengan presisi dan menghindari potensi risiko seperti kandas atau perairan tertutup. Analisis akurasi AHRS Kalman Filter memberikan gambaran lebih rinci tentang kehandalan navigasi. Terakhir, kestabilan hasil video menjadi perhatian utama, dengan penggunaan katamaran dan gimbal pada kamera untuk meminimalkan gangguan gelombang dan menghasilkan video survei berkualitas tinggi. Keseluruhan, ASV ini memenuhi dan bahkan melampaui sejumlah faktor operasional penting yang diperlukan untuk berhasil dalam perannya sebagai wahana survei benthic.

2.2 Desain ASV

Desain ASV yang digunakan, khususnya dengan hull katamaran, memberikan solusi yang efektif untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi dalam operasi survei benthic. Keunggulan hull katamaran mencakup kemampuan menangani perairan fluktuatif dan memberikan platform yang stabil untuk perangkat elektronik. Pemilihan propeller udara sebagai penggerak ASV bertujuan mengurangi gelombang yang dihasilkan, meminimalkan turbulensi, dan menjaga akurasi sensor sonar dan kamera. Penempatan transducer sonar yang rendah memberikan kondisi optimal untuk kinerja

sonar dengan mengurangi potensi kavitas dan turbulensi. Integrasi elektronik yang baik dan penempatan strategis perangkat elektronik vital menciptakan lingkungan yang aman dan terlindung, mengurangi risiko kerusakan. Desain ASV ini menawarkan sejumlah keuntungan, termasuk stabilitas tinggi, kemampuan operasi di perairan fluktuatif, dan akurasi tinggi dalam pengumpulan data benthic. Keseluruhan, melalui kombinasi teknologi canggih dan desain terkendali, ASV ini membawa kontribusi positif pada pengembangan teknologi survei perairan yang lebih efisien dan akurat. Dengan karakteristik khususnya, ASV ini berhasil memenuhi kebutuhan survei benthic dengan hasil yang memuaskan, membuka pintu pada pemahaman yang lebih dalam tentang ekosistem perairan.



Gambar 1. Desain ASV

2.3 Perakitan Komponen ASV

Proses persiapan Autonomous Surface Vehicle (ASV) sebelum transformasi menjadi katamaran melibatkan penambahan komponen dan pemasangan berbagai bagian. Pembuatan bracket kamera menggunakan tongkat monopod teleskopik dan PVC tube sebagai penyangga transducer sonar menggambarkan upaya untuk menciptakan struktur yang kokoh dan berfungsi. Desain bracket tersebut dirancang dengan menggunakan teknologi 3D printing dan laser cutting untuk efisiensi dan kualitas produksi yang optimal. Penempatan layar sonar dan float assembly yang berperan sebagai lambung kapal menjadi langkah kritis dalam mencapai konfigurasi katamaran. Selain itu, pemasangan seluruh elektronika, termasuk Pixhawk, telemetry, ESC, dan GNSS receiver, memerlukan perhatian khusus untuk menjaga kekedapan air. Detail pemasangan sistem propulsi, termasuk motor BLDC dan housing baterai, menunjukkan pendekatan terintegrasi dalam merangkai ASV. Penyusunan ASV untuk transportasi menunjukkan kecermatan dalam desain agar semua bagian dapat dipindahkan dengan ringkas. Saat akan melakukan survei, pemasangan float assembly dan kamera assembly dengan baut membentuk ASV yang siap beroperasi. Proses penambahan wiring komponen yang terdokumentasi dalam wiring diagram memberikan panduan yang jelas untuk memastikan semua komponen terpasang dengan benar. Dengan demikian, keseluruhan proses persiapan ini menciptakan ASV yang siap untuk tugas survei benthic dengan desain yang kokoh dan efisien.



Gambar 2. ASV Tampak Isometris

2.4 Kalibrasi Hardware

Sebelum memulai operasi, langkah kritis yang harus dilakukan adalah kalibrasi pada berbagai hardware yang terpasang pada Autonomous Surface Vehicle (ASV). Proses kalibrasi dilakukan menggunakan Mission Planner dan mencakup beberapa komponen utama. Kalibrasi Radio Control (RC) menjadi tahap pertama untuk memastikan bahwa sinyal yang diterima oleh ASV dapat diterjemahkan dengan tepat. Setting channel pada RC dan menggerakkan knob serta switch sesuai prosedur memastikan rentang nilai sinyal PWM yang akurat. Kalibrasi Electronic Speed Control (ESC)

merupakan langkah selanjutnya, di mana Throttle direkam pada posisi maksimum dan minimum untuk mengoptimalkan respons motor. Proses ini memastikan pengendalian motor ASV sesuai dengan perintah yang diterima. Selanjutnya, kalibrasi Accelerometer pada Inertial Measurement Unit (IMU) dilakukan untuk memastikan pembacaan attitude ASV yang akurat. Penempatan ASV dalam posisi yang ditentukan pada Mission Planner menjadi kunci dalam memastikan kalibrasi yang tepat. Terakhir, kalibrasi kompas dilakukan untuk memastikan bahwa kompas pada IMU dapat membaca arah ASV dengan akurat sesuai orientasi yang benar. Proses ini melibatkan putaran ASV untuk memastikan bahwa kompas dapat menyesuaikan diri dengan arah yang dihadapinya. Dengan melakukan kalibrasi pada semua hardware ini, ASV dapat dioperasikan dengan sensor-sensor yang memberikan pembacaan yang akurat, meningkatkan kehandalan dan akurasi selama misi survei benthic.

3 Hasil dan Pembahasan

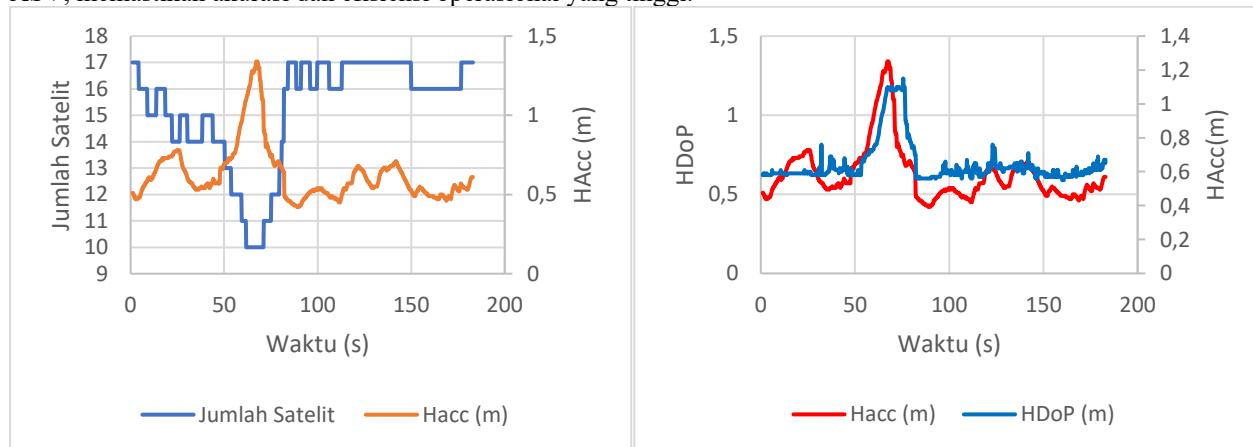
Luaran penelitian ini adalah analisis daya jelajah ASV, akurasi AHRS Kalman Filter, Hasil anotasi video dan hasil geotag gambar. Pembahasan hasil penelitian ini dibahas pada subbab 3.1 sampai 3.4 berikut.

3.1 Analisis Daya Jelajah

Penelitian ini membahas daya jelajah Autonomous Surface Vehicle (ASV) dengan fokus pada konsumsi energi baterai. Dengan menggunakan baterai LiPo 6 sel berkapasitas 10000 mAh 222 Wh, pengujian dilakukan saat ASV berlayar dengan kecepatan 1 m/s selama misi autonomous. Hasil pengukuran menunjukkan konsumsi energi ASV sebesar 98,22 W selama 40 detik, memungkinkan baterai bertahan hingga 2 jam 15 menit atau 135 menit. Daya jelajah ASV mencapai 8100 meter atau 8,1 kilometer pada kecepatan tersebut. Untuk optimalkan survei, kecepatan 0,75 m/s direkomendasikan untuk durasi pelayaran maksimal 148 menit. Hambatan muncul dengan batasan baterai DJI Pocket 2 yang hanya bertahan 140 menit. Kapasitas penyimpanan juga menjadi kendala, dengan memisahkan file setiap 4 GB dan memerlukan 103 GB untuk merekam selama 140 menit pada resolusi 1080P 60 fps. Panduan pemilihan kapasitas penyimpanan dapat dilihat pada spesifikasi DJI Pocket 2. Secara keseluruhan, hasil penelitian memberikan wawasan penting terkait daya jelajah ASV dan kendala-kendala yang perlu diperhatikan dalam perencanaan misi survei menggunakan teknologi ini. Diperlukan pertimbangan lebih lanjut terkait kapasitas baterai dan penyimpanan untuk meningkatkan efisiensi operasional ASV dalam menjalankan misi autonomous dan survei.

3.2 Analisis Akurasi AHRS Kalman Filter

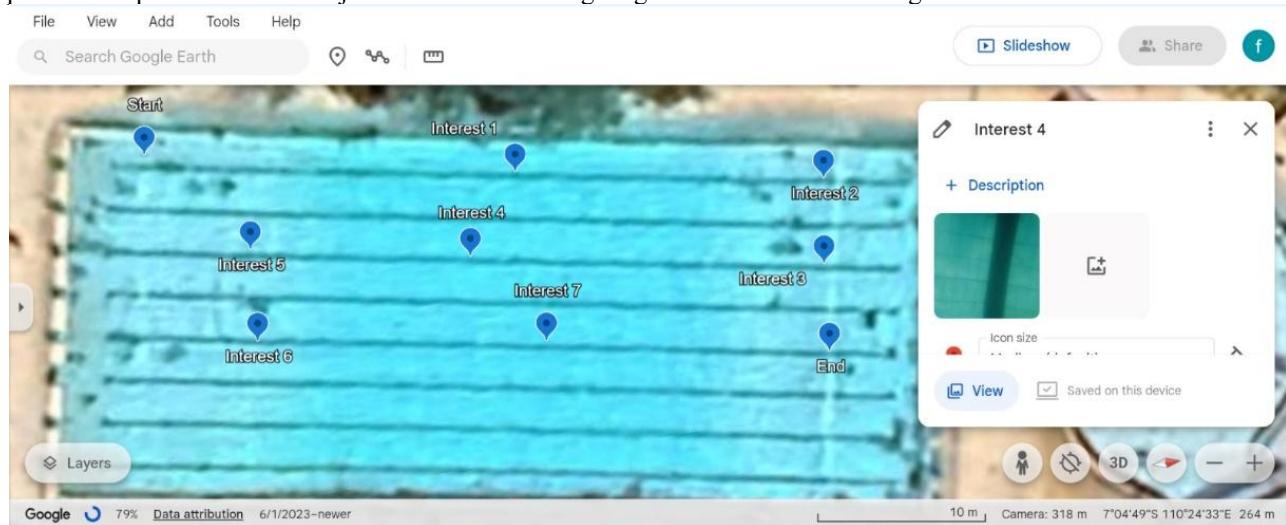
Dalam penelitian ini, sistem navigasi AHRS Kalman Filter telah terbukti menjadi pilihan yang efisien dan ekonomis untuk Autonomous Surface Vehicle (ASV). Kelebihan utama sistem ini terletak pada proses setup yang cepat, hanya membutuhkan 5 menit, dan tidak perlu dilakukan setiap pemakaian ASV, menghemat waktu persiapan operasi. Pentingnya akurasi GPS sebagai referensi initial position bagi AHRS Kalman Filter menjadi fokus dalam persiapan operasional. Meskipun jumlah satelit yang terhubung bervariasi, fluktuasi akurasi AHRS Kalman Filter masih terjaga pada tingkat yang memuaskan. Dengan mean akurasi sekitar 62,7 cm, sistem ini bahkan melebihi akurasi GPS pada mode 3D GPS yang umumnya mencapai 1,9 m. Analisis HDOP menunjukkan bahwa konfigurasi geometris lokasi base station cukup baik, dengan nilai rata-rata HDOP 0,65. Hal ini membuktikan bahwa AHRS Kalman Filter dapat bekerja secara optimal dengan jumlah satelit yang memadai. Dengan nilai HAcc rata-rata di bawah 1 meter, AHRS Kalman Filter telah terbukti cukup ideal untuk penelitian ini. Kelebihan lainnya termasuk setup yang mudah dan tidak memakan waktu lama, serta tidak memerlukan biaya tambahan karena semua sensor yang dibutuhkan telah terdapat pada Pixhawk dan GPS. Secara keseluruhan, sistem navigasi AHRS Kalman Filter memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung penelitian ASV, memastikan akurasi dan efisiensi operasional yang tinggi.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Jumlah Satelit Terhadap Akurasi dan Akurasi terhadap HDOP

3.4 Analisis Hasil Geotag Gambar

Penelitian ini menggambarkan penggunaan Autonomous Surface Vehicle (ASV) yang dilengkapi dengan sensor kedalaman dan data log Pixhawk untuk menghasilkan pemetaan bawah laut yang akurat. Proses integrasi data ke dalam video dan pelaksanaan geotagging menggunakan Google Earth memberikan nilai tambah yang signifikan pada penelitian ini. Geotagging memberikan koordinat geografis yang akurat untuk setiap frame video, memungkinkan identifikasi lokasi spesifik dari objek yang diamati. Visualisasi hasil geotagging memberikan pemahaman mendalam tentang struktur bawah laut dan distribusi objek di lingkungan tersebut. Keakuratan tinggi dari data log Pixhawk dalam menentukan koordinat setiap frame memastikan hasil geotagging yang dapat diandalkan. Keberhasilan geotagging membuka peluang baru dalam penelitian ekologi bawah laut dan manajemen sumber daya alam. Kemampuan untuk melacak dan menganalisis pola distribusi organisme atau struktur dasar laut menjadi lebih efisien. Integrasi hasil geotagging dengan data cuaca atau kondisi oceanografi juga membuka pintu untuk pemahaman holistik tentang lingkungan bawah laut pada waktu tertentu. Secara keseluruhan, visualisasi interaktif dan hasil geotagging memainkan peran kunci dalam membawa informasi dan pemahaman yang lebih mendalam kepada peneliti, ahli, dan masyarakat umum tentang dunia bawah laut. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada pemetaan bawah laut yang akurat, tetapi juga membuka pintu untuk penelitian lebih lanjut dalam dinamika lingkungan dan interaksi antar-organisme di ekosistem bawah laut.



Gambar 4. Hasil Geotag Gambar

4. Kesimpulan

Telah dilakukan uji coba penggunaan ASV sebagai wahana survei bawah air. Dalam uji coba, ASV dapat bermanuver dengan mempertahankan posisisaat *loiter*, *heading* saat *steering* sehingga layak untuk misi *autonomous* dengan manuver sesuai dengan Mission Planner. Pada saat berlayar dengan kecepatan 1 m/s, ASV mengonsumsi daya 98,22 W sehingga dapat berlayar hingga 8,1 km dalam waktu 135 menit dengan baterai 222 Wh. Akurasi AHRS Kalman Filter pada saat pengujian dapat mencapai 42 cm hingga 1,34 meter dengan akurasi rata-rata 62,7 cm dan terkoneksi dengan 10-17 satelit. Telah dilakukan pembuatan anotasi video berisikan data luas area, koordinat dan kedalaman frame. Selain itu, hasil antasi video telah dapat dijadikan *geotag* menggunakan website Google Earth.

5. Daftar Pustaka

- [1] Mutaqin Ali, I. et al. (2021) SEA DEFENSE STRATEGY IN FACING MARITIME SECURITY THREAT IN INDONESIA'S SEA. [online]. Tersedia pada: <https://setkab.go.id/pidato->.
- [2] Sukamto (2017) PENGELOLAAN POTENSI LAUT INDONESIA DALAM SPIRIT EKONOMI ISLAM (Studi Terhadap Eksplorasi Potensi Hasil Laut Indonesia). [online]. Tersedia pada: <http://yudharta.ac.id/jurnal/index.php/malia>.
- [3] Wu, S. & Zhang, W. (2012) Current status, crisis and conservation of coral reef ecosystems in China. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences 2 (1). [online]. Tersedia pada: www.iaeess.orgArticle.
- [4] Kabiri, K. et al. (2018) Mapping of the corals around Hendorabi Island (Persian Gulf), using WorldView-2 standard imagery coupled with field observations. Marine Pollution Bulletin. [Online] 129 (1), 266–274.
- [5] Arafat, D. et al. (2020) ‘Assessing coral reefs condition for rehabilitation site selection using diver-towed survey in an island of Anambas Islands’, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. [Online]. 7 February 2020 Institute of Physics Publishing. p.
- [6] Arafat, D. et al. (2020) ‘Assessing coral reefs condition for rehabilitation site selection using diver-towed survey in an island of Anambas Islands’, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. [Online]. 7 February 2020 Institute of Physics Publishing. p.

-
- [7] Giyanto et al. (2010) Efisiensi Dan Akurasi Pada Proses Analisis Foto Bawah Air Untuk Menilai Kondisi Terumbu Karang | Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Oseanologi Dan Limnologi di Indonesia. 36. [online]. Tersedia pada: <http://lipi.go.id/publikasi/efisiensi-dan-akurasi-pada-proses-analisis-foto-bawah-air-untuk-menilai-kondisi-terumbu-karang/2461> (Diakses 2 Agustus 2023).
 - [8] Giyanto (2013) METODE TRANSEK FOTO BAWAH AIR UNTUK PENILAIAN KONDISI TERUMBU KARANG. Oseana. 38 (1), 47–61.
 - [9] Hardesty, G. (2021) Ground Planes for Vehicle Antennas, GPS Antennas - Data-alliance.net [online]. Tersedia pada: <https://www.data-alliance.net/blog/ground-planes-for-vehicle-antennas-gps-antennas/> (Diakses 8 Oktober 2023)
 - [10] PX4 (2022) Hex Cube Black Flight Controller | PX4 User Guide [online]. Tersedia pada: https://docs.px4.io/main/en/flight_controller/pixhawk-2.html (Diakses 15 Agustus 2023).