Sistem Navigasi pada *Unmanned Surface Vehicle* untuk Pemantauan Daerah Perairan

M. Jerry Jeliandra Suja[1], Sri Ratna Sulistiyanti[2], M. Komarudin[3]

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
[1]jeliandra@gmail.com,
[2]sriratnasulistiyanti@gmail.com,
[3]m.komarudin@unila.ac.id

Intisari — **Daerah perairan, khususnya sungai, memiliki peranan penting untuk kehidupan manusia. Untuk mencegah kerusakan pada daerah tersebut, maka ada baiknya jika dilakukan pemantauan dan pengukuran secara berkala untuk beberapa parameter yang dapat memberi tanda atau peringatan dini terhadap ketidak normalan yang terjadi daerah ini sehingga dapat dilakukan antisipasi secara tepat dan cepat. Atas ide inilah diciptakan sebuah Unmanned Surface Vehicle yang ditujukan untuk mempermudah proses pemantauan daerah perairan. USV yang digunakan yaitu USV elektrik yang dilengkapi APM 2.5 dengan firmware ardurover untuk sistem autopilot. Sistem autopilot pada USV meliputi mode Auto, manual, guided dan hold. Sebelum USV menjalankan misi, dilakukan pengujian-pengujian terhadap sensor-sensor yang dipakai. Kemudian pengujian perairan dilakukan dengan membuat 6 misi dengan letak waypoint yang berbeda sehingga USV dapat menuju titik waypoint yang diinginkan. Didapatkan eror radius rata-rata setiap waypoint sebesar 2,2 meter. USV ini juga dilengkapi dengan sistem FPV sehingga pemantauan dapat lebih mudah dilakukan dengan melihat kamera yang terpasang pada USV dan ditampilkan pada monitor 7" dengan bantuan video sender.**
Kata kunci— ***daerah perairan, Unmanned Surface Vehicle (USV), APM 2.5, Sistem FPV***

Abstract — **Water area, especially river, has an important role for human life. To prevent the damage to that area, it is better if we do the monitoring and measurement periodically to some of parameters that can give a sign or early warning against abnormality that occurs in this area, so we can accurately and quickly anticipate. From this idea, we created an Unmanned Surface Vehicle that is intended to facilitate monitoring process in water area. USV that we are use is electric USV equipped with APM 2.5 firmware ardurover as an autopilot system. Autopilot system on USV covered with Auto mode, Manual mode, Guided mode and Hold mode. Before USV take the mission, every sensors in this USV are being tested. Then USV can take the water area mission by making 6 mission with different waypoints location so that usv can go towards desired waypoints. Average error radius obtained from mission is 2,2 meter every waypoints. This USV also equipped with FPV system so that monitoring proses can easily done by looking at the camera mounted on the USV.**
Keywords— **Water area, Unmanned Surface Vehicle (USV), APM 2.5, FPV System**

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Daerah perairan, khususnya sungai, memiliki peranan penting untuk kehidupan manusia. Manfaat sungai antara lain untuk irigasi, bahan baku air minum, sarana olahraga, sebagai jalur trasportasi, dan sebagai tempat PLTA maupun penelitian. Jika daerah ini tidak dipergunakan dengan baik maka sungai tidak dapat berfungsi sebagai mana mestinya. Untuk mencegah hal tersebut, maka ada baiknya jika dilakukan pemantauan dan pengukuran secara berkala untuk beberapa parameter yang dapat memberi tanda atau peringatan dini terhadap ketidak normalan yang terjadi daerah ini sehingga

dapat dilakukan antisipasi secara tepat dan cepat.

Penelitian tentang pengukuran parameter keadaan sungai sudah ada beberapa yang dikembangkan misalnya : Pengukuran parameter badan air sungai Adi S (2008)[1] tentang pengukuran parameter seperti suhu, konduktivitas, oksigen terlarut (DO), turbiditas (kekeruhan) secara insitu dengan memasang sensor-sensor seperti sensor suhu, kadar keasaman (pH), sensor konduktivitas dan turbiditas dari Hanna Instrument. Pengukuran yang dilakukan masih tergolong sulit karena penempatan sensor yang terbatas jaraknya, sehingga pengukuran hanya dapat dilakukan di tepian sungai saja. Penempatan sensor pada bagian tepi sungai tentunya tidak dapat mewakili nilai sebenarnya dari suatu penampang sungai. Semakin lebar penampang sungai akan semakin tidak mewakili hasil dari pemantauan statis di tepi sungai. (Adi S,2008)[1].

Diperlukan suatu alat atau wahana yang dapat menggantikan posisi manusia, yang dapat memudahkan pekerjaan manusia dalam pemantauan kondisi sungai. Unmanned Surface Vehicle (USV) merupakan sebuah wahana alternatif yang digunakan untuk memantau daerah perairan dengan biaya yang lebih murah (*low cost*) dan memiliki tingkat bahaya yang lebih rendah karena dapat dioperasikan melalui Remote Control (RC) maupun secara autonomous. USV ini akan mengirimkan data-data yang diukur ke Ground Control Station (GCS) yang berada didarat menggunakan sistem telemetri. Diperlukan suatu sistem navigasi yang bertujuan untuk memudahkan USV dalam melakukan pemantauan kondisi daerah perairan.

Teknologi pada USV sebelumnya telah banyak dikembangkan dan diterapkan di dunia militer antara lain sebagai kapal mata-mata dan juga dikembangkan oleh negara-negara tetangga kita untuk melakukan penelitian di laut maupun sungai. USV tersebut dapat melakukan tugas tugas tertentu sesuai dengan yang diharapkan.

Saat ini Universitas Lampung sedang mengembangkan teknologi USV yang berfokus pada pemantauan daerah perairan. Dengan dukungan perangkat Global Positioning System (GPS) dan mikrokontroller ArduPilot Mega (APM) diharapkan USV dapat dikendalikan secara otomatis mengikuti waypoint yang ditentukan pada Ground Control Station (GCS) dan dengan mudah melakukan pengukuran parameter kondisi perairan seperti kondisi daerah sekitar aliran sungai, suhu, kecepatan aliran air, kadar keasaman (pH), kedalaman, dan lain lain.

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem navigasi pada USV untuk pemantauan kondisi daerah perairan sehingga USV dapat mengikuti waypoint dan melakukan pengukuran di lokasi tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Unmanned Surface Vehicle (USV)

Unmanned Surface Vehicle (USV) atau Autonomous Surface Vehicle (ASV) merupakan sebuah wahana tanpa awak yang dapat dioperasikan pada permukaan air. (Wikipedia, 2008)[15]. USV dikendalikan otomatis dengan memberikan perintah-perintah seperti waypoint, melalui Ground Control Station (GCS). USV dapat mengirimkan data-data dan mengirimkannya ke GCS secara realtime melalui sistem telemetri.

USV dapat digunakan selain sebagai kapal riset juga dapat digunakan sebagai kapal survey, inspeksi keadaan sekitar sungai, survey seismic, operasi penyelamatan dan lain lain. Pemanfaatan USV untuk menjadi kapal-kapal riset sudah dilakukan di beberapa negara, sebagian besar melakukan penelitian di sungai maupun laut lepas secara otomatis,

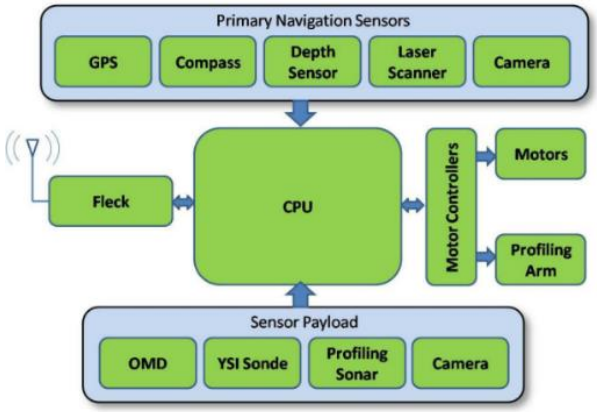
sehingga mereka hanya mengolah data yang dikirim dari USV ke Ground Control Station (GCS). Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang banyak melakukan penelitian mengenai Unmanned Surface Vehicle, beberapa penelitian tentang perancangan dan implementasi Unmanned Surface Vehicle yaitu dilakukan oleh Nugroho, G.N. (2011) [10] mengenai perancangan streering sebuah Unmanned Surface Vehicle, dihasilkan sebuah perhitungan yang dapat digunakan dalam mendesain sistem steering dalam hal ini rudder pada sebuah Unmanned Surface Vehicle.

Gbr. 1. Contoh *Unmanned Surface Vehicle* (USV) (sumber : Jurnal Teknik ITS, Siswandi.B (2012))

Calce A. (2012)[4] membuat penelitian tentang pembuatan rc motorboats yang dimodifikasi sehingga menjadi Unmanned Surface Vehicle (USV) dengan penambahan mikrokontroller Arduino, GPS, Compass Module HMC6352, USB QuickCam Logitech dan komunikasi data menggunakan wireless 802.11g. Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Calce A. (2012) [4] yaitu saat percobaan prototype ini akan melaksanakan perintah terakhir hingga selesai, menerima perintah lain sampai baterai habis, akan tetapi perintah akan bermasalah jika USV hilang kontak dengan base station karena terlalu jauh dari titik awal atau karena sinyal terhalang oleh sesuatu.

Penelitian tentang USV yang digunakan untuk memantau kualitas air dilakukan oleh Dunbabin M. (2009)[6] menghasilkan bahwa USV mampu bernavigasi melewati tempat penampungan air pedalaman yang kompleks.

Tipe USV Catamaran yang telah dimodifikasi tenaga matahari ini mampu mendapatkan informasi kualitas air di seluruh lokasi saat bergerak. Pada USV ini terintegrasi sensor posisi GPS, Laser Scanners, sonars dan kamera yang dapat memudahkan dapat pengoperasian USV di lingungan air yang dangkal dan belum diketahui peta dan juga dapat menghindari rintangan yang diam maupun bergerak. USV dapat mengambil sampel air dan dapat beroperasi di berbagai kondisi cuaca maupun malam hari. USV dapat dikatakan telah melengkapi survei pemantauan yang dilakukan secara manual dengan kelebihan dapat melakukan pengukuran di tempat penyimpanan air dengan jarak ratusan kilometer dari survey yang sudah dilakukan sebelumnya.



Gbr. 2. USV *system architecture* [Dunbabin M. (2009)] [6]

B. Sistem Navigasi

Navigasi adalah ilmu pengetahuan dalam menentukan posisi kapal di laut dengan mengemudikan (steering) kapal secara aman dari suatu tempat ke tempat lain. Sistem navigasi biasanya terdiri dari beberapa perangkat digital maupun analog, untuk yang analog biasanya dilengkapi dengan kompas analog yang dapat mengetahui arah mata angin yang berguna sebagai acuan arah kapal,

untuk perangkat digital sudah terdapat GPS atau Global Positioning System yaitu sebuah perangkat yang dapat menerima lokasi keberadaan kapal dengan mengacu pada satelit yang bergerak mengitari bumi. GPS menerima data yang dikirim dari satelit berupa data NMEA 0183. NMEA (National Marine Electronics Association) adalah standar yang digunakan dalam pengiriman data gps yang berupa protokol data, garis lintang, garis bujur, ketinggian, dan waktu.

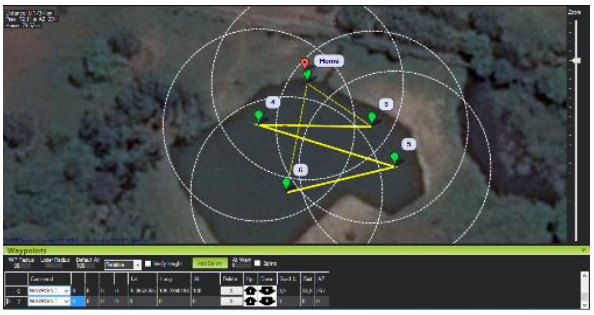
Gbr. 3. Global Positioning System (GPS) (sumber : www.rctimer.com)

Kompas digital juga tergolong perangkat digital dimana pemakaiannya harus diintegrasikan kembali pada sebuah sistem sehingga pembacaan arah mata angin dapat dilakukan dan dapat mengetahui arah kapal.

Perbani C. (2014) melakukan penelitian dengan judul Pembangunan Sistem Penetuan Posisi dan Navigasi berbasiskan sistem Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk survei Batimetri dengan spesifikasi alat yang digunakan antara lain USV dengan penggerak Motor Brushless, Ardupilot Mega, sensor GPS, dan sistem Telemetry. Perbani C. menyimpulkan bahwa wahana apung yang dihasilkan memiliki daya apung baik dan lebih stabil jika dimuati dengan beban, telemetri navigasi bekerja dengan maksimum jarak 5 s.d. 10 kilometer line of sight dengan kualitas pengiriman data rata-rata diatas 90%, sistem penjajakan GPS berjalan dengan baik, sistem Auto Navigation / Auto Pilot belum bekerja dengan sempurna, wahana bergerak secara otomatis menuju waypoint yang ditentukan, tetapi gerakan wahana tidak stabil.

1) Sistem *Autopilot* (*Waypoint*)

Pergerakan kapal yang otomatis termasuk kedalam suatu sistem navigasi. Sistem ini dinamakan Autopilot atau biasa juga disebut dengan waypoint. Sistem Autopilot akan membuat sebuah kapal, dalam hal ini USV, bergerak secara teratur mengikuti titik tuju (waypoint) yang telah diatur pada Ground Control Station.



Gbr. 2. Contoh penggunaan sistem *Autopilot* (*waypoint*)

Penelitian sistem navigasi telah dilakukan juga oleh Prasetyo H.P. (2012) tentang Perancangan Sistem Navigasi pada Kapal (MCST-1 Ship Autopilot) untuk mendukung sistem Autopilot. Perancangan sistem yang menggunakan sebuah USV MCST-1, GPS, Compass, Sensor Ultrasonik dan mikrokontroller ini menghasilkan bahwa perancangan yang dilakukan menggunakan data masukan berupa sinyal GPS dengan format NMEA 0183 versi 2 $GPGGA dan $GPRMC dan dapat menampilkan tampilan garis lintang dan bujur. Prasetyo H.P. (2012) juga mengemukakan bahwa perancangan sensor jarak dengan menggunakan sensor ultrasonic dari range 1cm hingga 300cm memiliki persentase akurasi rata-rata sebesar 0.245 dan perancangan pengukuran arah mata angin menggunakan sensor kompas CMPS-03 memiliki tingkat error rata-rata 1.939% dan tingkat akurasi 98.06%. Peletakan sensor kompas akan berpengaruh jika didekatkan dengan motor penggerak karena adanya

interferensi dari motor dalam bentuk medan elektromagnetik.

2) *First Person View* (FPV)

First-person View (FPV) atau dikenal juga dengan Remote-person View (RPV) merupakan metode yang digunakan untuk mengontrol sebuah wahana atau kendaraan radio control dari sudut pandang pilot. Sebagian besar FPV digunakan untuk wahana udara tak berawak (UAV) atau pesawat yang memakai radio control. Dengan kamera yang diletakkan tersebut kita dapat merasakan seolah-olah kita berada di dalam wahana tersebut dan melakukan pengendalian wahana dengan mudah. Pergerakan wahana tetap dikendalikan oleh operator secara manual, dengan adanya FPV maka operator dapat mengetahui arah, kondisi sekitar maupun lokasi yang akan dituju.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1) 1 Unit Electric Roboboat (USV)
2) ArduPilotMega (APM) 2.6
3) Perangkat lunak Mission Planner
4) GPS U-Blox CN06-V3
5) Digital Compass CMPS10
6) First Person View (FPV) Camera
7) Transmitter dan Receiver FPV (video sender) AOMWAY 5.8 GHz
8) FPV Monitor 7”
9) 3DR Telemetry Kit 915 MHz
10) Baterai Lithium-Polimer 6S 22.2 V 5000mAh 30C
11) 1 Unit Remote Control Turnigy 9x 2.4Ghz
12) Laptop Acer V5-471PG

B. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

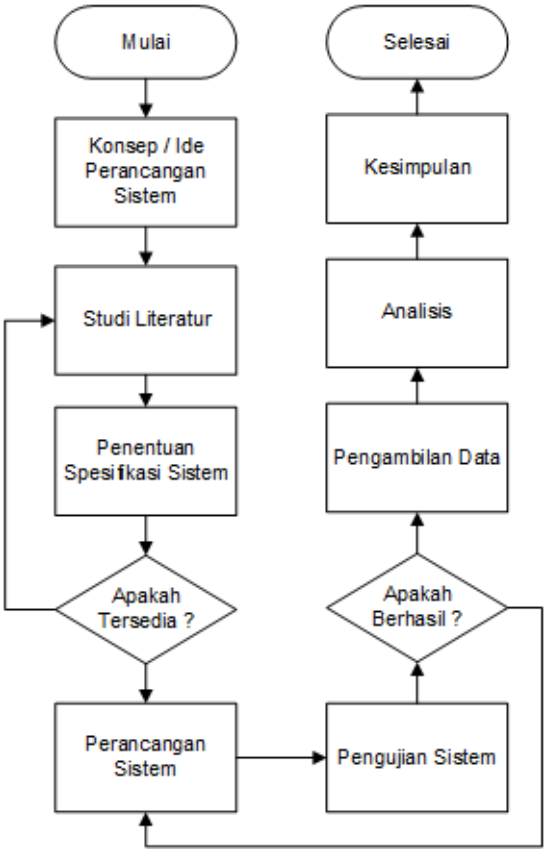
1) Sistem navigasi memiliki dua mode. Mode pertama mampu mengikuti waypoint atau titik tuju yang telah di program pada perangkat lunak Mission Planner dan dapat melakukan Position Hold pada waypoint. Mode kedua apabila terjadi error pada USV sehingga tidak sesuai titik tuju yang diinginkan maka pengendalian akan dialihkan menggunakan Remote control.
2) Mampu menampilkan video yang direkam oleh Kamera FPV secara realtime pada Monitor FPV menggunakan video sender.

C. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini digambarkan dalam Diagram Alir dan diagram blok sistem.

1) Diagram Alir

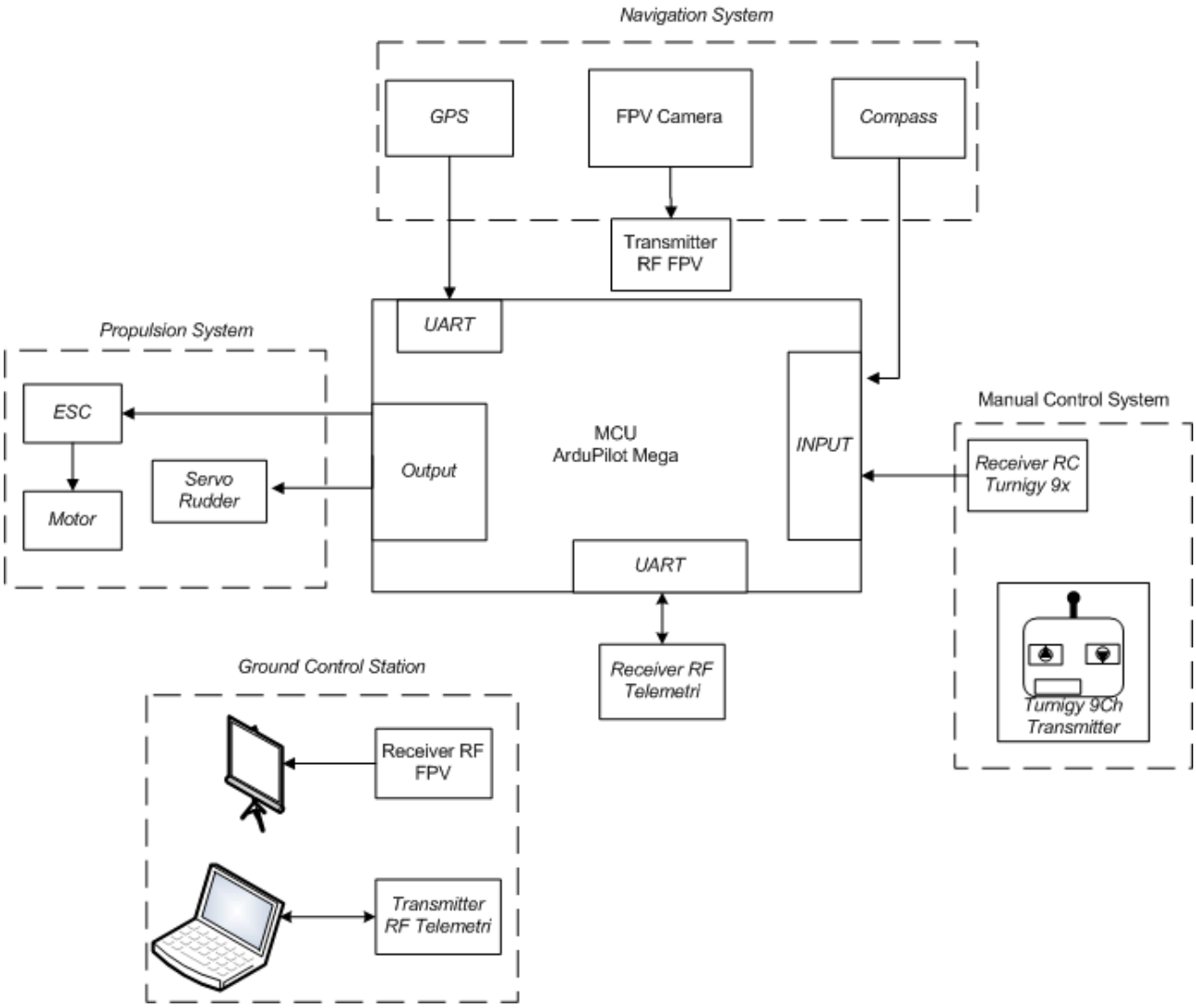
Diagram alir penelitian ini dibuat untuk memperjelas langkah-langkah kerja yang akan dilakukan dalam penelitian.



Gbr. 5. Diagram Alir Penelitian

2) Perancangan Model Sistem

Untuk memperjelas model sistem yang digunakan, dibuat sebuah perancangan model sistem berupa diagram blok keseluruhan sistem yang digunakan.



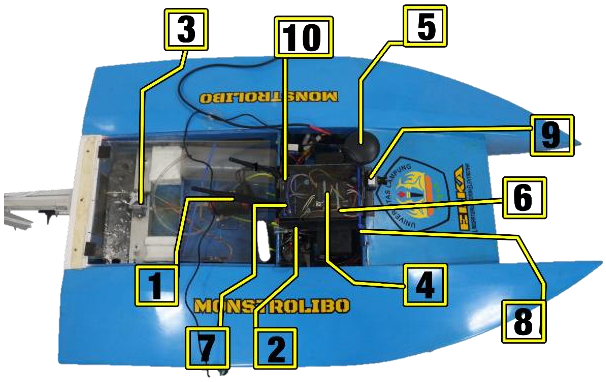
Gbr. 6. Diagram blok keseluruhan sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1) *Unmanned Surface Vehicle* (USV)

USV yang digunakan yaitu USV elektrik dengan spesifikasi seperti gambar 7.



Gbr. 7. Unmanned Surface Vehicle

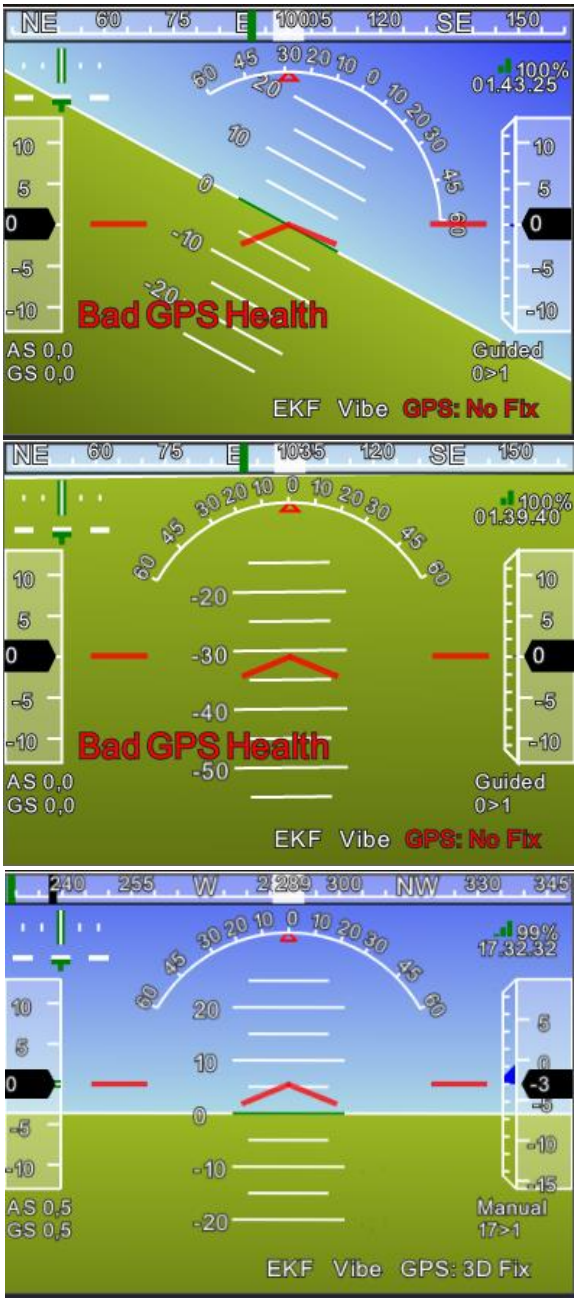
Keterangan untuk gambar 8 :

1. Motor Brushless DC Leopard 4084 1200kV, peletakkan motor ini menyesuaikan dengan panjang flexibel shaft yang dipakai, sehingga kinerja motor untuk menggerakkan propeller lebih optimal dan juga penempatan motor diusahakan jauh dari perangkat elektronik lainnya karena besarnya medan yang dihasilkan saat motor bekerja.
2. ESC Seaking 180 A, komponen yang bertugas untuk mengatur besarnya arus yang masuk ke motor penggerak ini harus diletakkan tidak jauh dari motor dikarenakan pengkabelan yang pendek dan sistem pendingin yang terintegrasi dengan pendingin motor.

3. Motor Servo HK-12598B, motor servo ini digunakan untuk penggerak utama pada USV yaitu untuk menggerakkan Rudder. Posisi motor servo diletakkan dekat dengan Rudder agar push rod dari Servo masih dapat menjangkau Rudder.
4. APM 2.6, merupakan board Autopilot utama pada USV, diletakkan di tempat yang jauh dari alat elektronik lain yang menimbulkan interferensi karena sensitivitas alat ini yang tinggi. APM 2.6 juga harus diletakkan didekat Centre of Gravity (CG) dari USV agar pembacaan sensor-sensor (gyroscope, accelerometer, dan compass) tepat.
5. GPS U-Blox Neo6M, komponen GPS ini harus diletakkan di luar wahana agar penerimaan sinyal tidak terganggu oleh bahan lambung USV, dan dijauhkan dari Motor penggerak agar aman dari interferensi.
6. Remote Control Receiver Turnigy 9x, diletakkan dekat dengan Autopilot APM 2.6 agar pengkabelan lebih mudah.
7. Radio Telemetry 915 MHz, modul ini ditempatkan di bagian USV yang jauh dari peralatan elektronik lain yang dapat menghasilkan interferensi seperti Motor Brushless DC dan baterai dan sebisa mungkin posisi Antenna diluar wahana agar pengiriman data tidak terganggu.
8. Li-Po Battery, baterai yang digunakan yaitu baterai Li-Po 6S 5000mAh 30C dengan berat 796 gram diletakkan menyesuaikan dengan titik berat USV agar keseimbangan USV saat kondisi di air tetap stabil.
9. Camera CMOS, diletakkan di bagian dimana hasil gambar tidak terhalang oleh lambung USV. Peletakkan di bagian depan USV lebih tepat karena gambar yang diambil lebih baik.
10. Video Transmitter (Vtx), diletakkan di dekat dengan camera agar lebih mudah dalam pengkabelan.

B. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengujikan dan mengkalibrasikan sensor sensor yang dipakai pada USV. Pengujian-pengujian meliputi pengujian remote (pengaturan PWM flight mode), pengujian sensor Accelerometer dan Gyroscope (IMU MPU 6000), pengujian Compass, pengujian telemetry, dan pengujian GPS serta pengujian sistem First Person View (FPV) serta pengujian sistem telemetry.

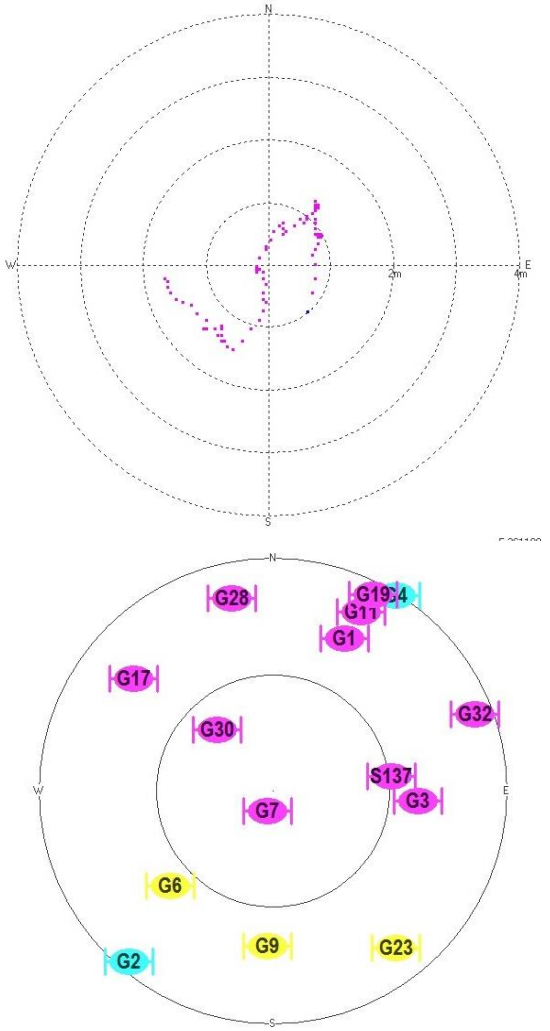


Gbr. 8. Pengujian Sensor Accelerometer dan Gyroscope (MPU 6000)

Pengujian sensor sensor dilakukan dengan membandingkan perubahan sudut wahana

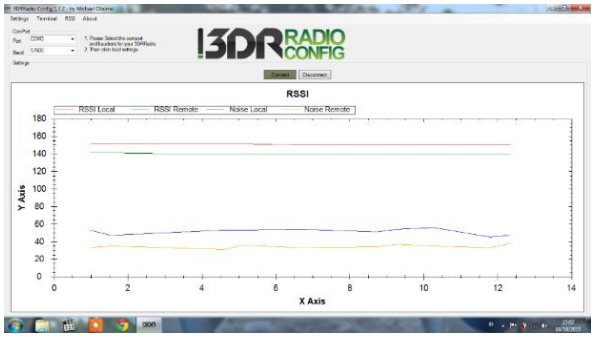
terhadap alat ukur (busur derajat) dan kompas analog.

Kemudian pengujian GPS dilakukan dengan bantuan perangkat lunak U-Center untuk mengetahui akurasi GPS dan jumlah satelit yang mengunci penerima GPS.



Gbr. 9. Pengujian Sensor GPS Ublox Neo 6M

Pengujain sistem telemetry dilakukan dengan bantuan perangkat lunak 3DR Radio Config untuk melihat pengiriman data dari Transmitter Telemetry ke Receiver Telemetry.



Gbr. 10. Pengujian sistem telemetry.

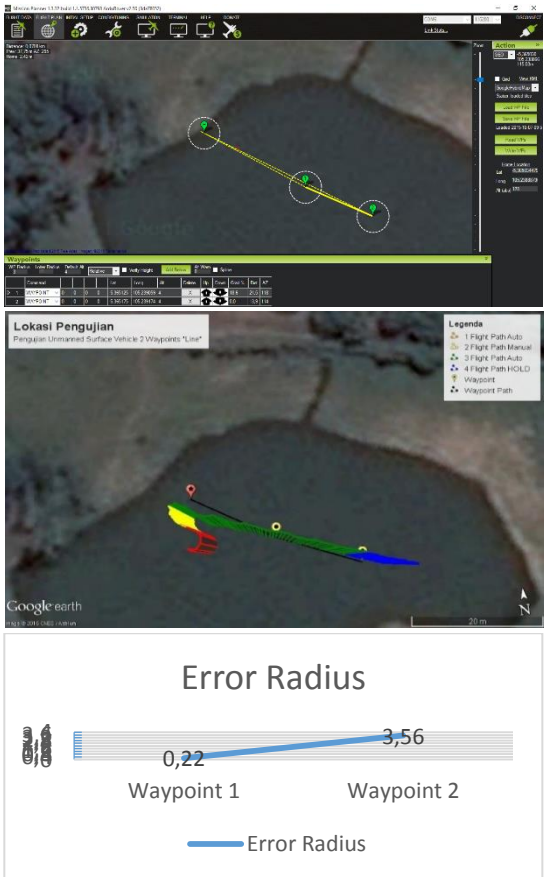
Kemudian setelah semua sensor terkalibrasi dan telah diuji, dilakukan pengujian sistem autopilot yang meliputi pengujian darat (dry test) dan pengujian perairan (6 misi daerah perairan).

Gbr. 11. Lokasi uji perairan.

Pengujian darat dilakukan untuk melihat respon servo dan motor terhadap arah waypoint yang ditentukan.

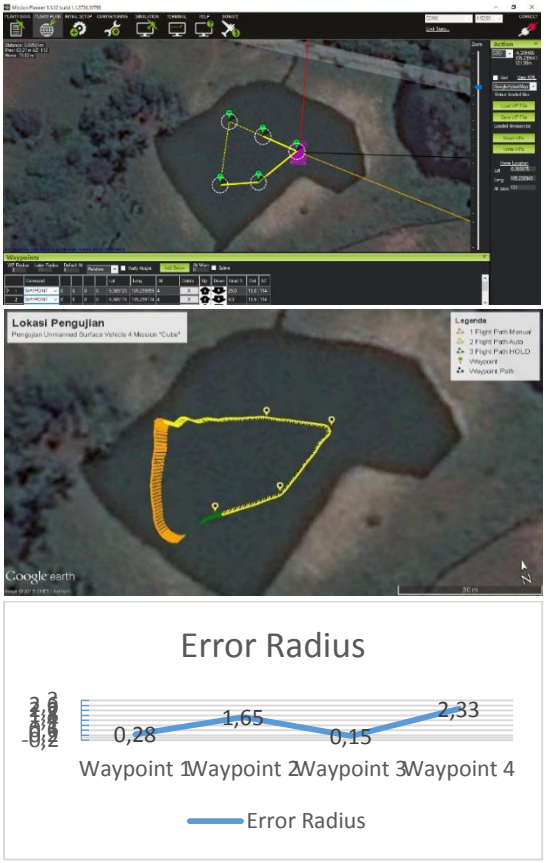
Pengujian perairan dilakukan sebanyak 6 kali dengan bentuk dan jarak waypoint yang berbeda beda untuk melihat respon USV terhadap segala jenis track waypoint.

1) Uji perairan misi pertama



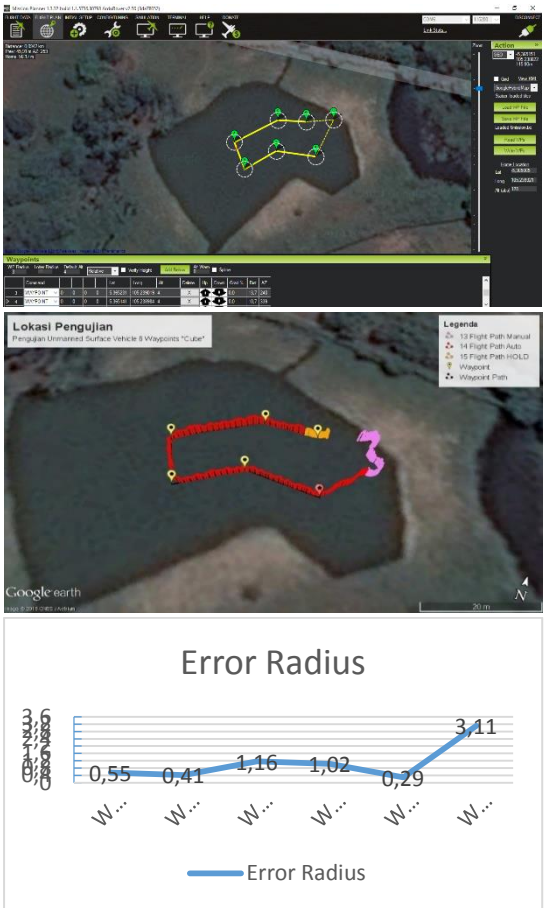
Gbr. 12. Hasil pengujian misi pertama.

2) Uji perairan misi kedua



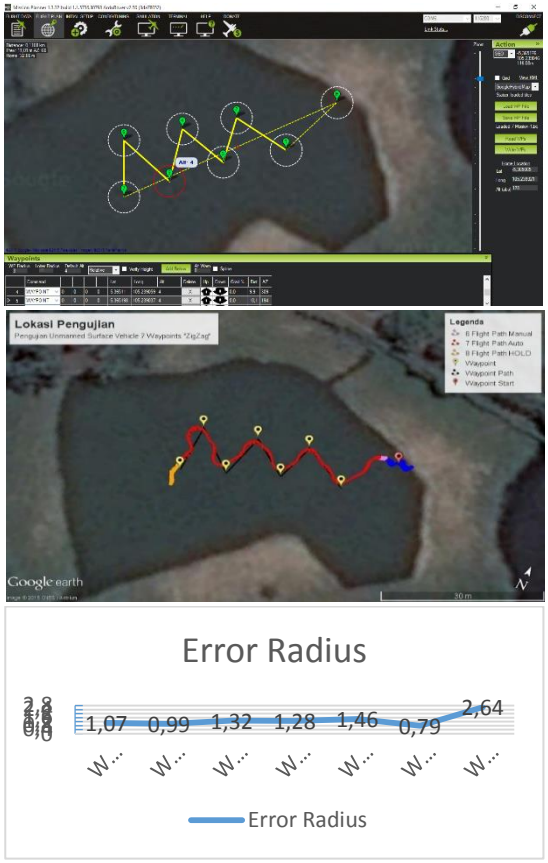
Gbr. 13. Hasil pengujian misi kedua

3) Uji perairan misi ketiga



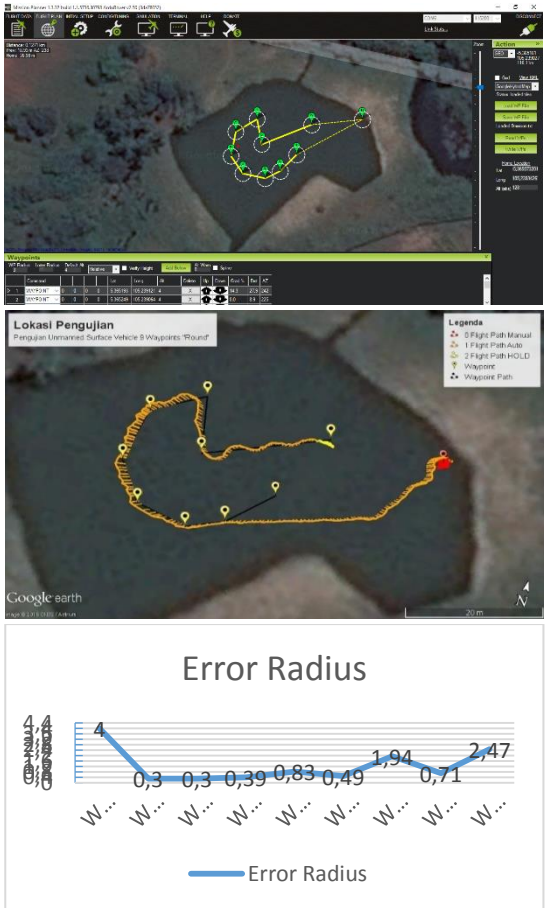
Gbr. 14. Hasil pengujian misi ketiga

4) Uji perairan misi keempat



Gbr. 15. Hasil pengujian misi keempat

5) Uji perairan misi kelima



Gbr. 16. Hasil pengujian misi kelima

6) Uji perairan misi keenam

Gbr. 17. Hasil pengujian misi keenam

C. Pembahasan

1) Sistem Navigasi pada Unmanned Surface Vehicle

USV merupakan Unmanned Surface Vehicle yang berarti bahwa sebuah wahana permukaan yang tak berawak. Dalam penelitian ini yaitu membuat sebuah sistem navigasi pada USV untuk keperluan penelitian di daerah perairan. Terdapat beberapa jenis USV antara lain USV dengan penggerak motor elektrik dan USV dengan mesin. Pada penelitian ini dipakai USV dengan penggerak motor elektrik dikarenakan harga yang lebih murah dibanding dengan penggerak mesin dan juga perawatan serta pemeliharaan yang lebih mudah. Motor yang dipakai yaitu Motor Brushless DC dengan merek Leopard type 4084 1200kV yang di suplai dengan tegangan 22.2 volt dari baterai Li-Po 6S 5000mAh dan ESC Seaking 180A. Hull yang dipakai pada USV ini merupakan hull Catamaran dengan pertimbangan akan kestabilan yang baik dibanding dengan hull model lain dikarenakan USV ini akan digunakan untuk penelitian seperti pemantauan kondisi daerah perairan. USV ini juga dilengkapi dengan sistem FPV yang memungkinkan pengiriman video secara realtime untuk pemantauan.

Sistem navigasi pada USV ini dilakukan oleh modul mikrokontroler yang dinamakan ArduPilotMega (APM) 2.6. Firmware yang dipakai pada USV ini adalah firmware Ardurover. Pemakaian firmware ardurover dikarenakan firmware inilah yang proses pengendaliannya menyerupai sistem Autopilot untuk sebuah kapal / USV. Firmware yang seharusnya dipakai yaitu Arduboat akan tetapi sampai saat ini firmware tersebut masih dalam tahap pengembangan sehingga belum dapat digunakan. Terdapat beberapa flight mode dalam firmware ini tetapi dalam penelitian ini hanya digunakan 3 flight mode saja yaitu MANUAL, AUTO, dan HOLD. Manual merupakan flight mode yang memungkinkan pengendalian penuh terhadap USV. AUTO merupakan flight mode yang memungkinkan USV mengikuti waypoint-waypoint yang telah ditentukan. HOLD position merupakan mode yang digunakan untuk membuat USV berhenti saat misi selesai ataupun saat USV ingin berhenti di suatu lokasi. Flight mode lain yang dapat dipakai yaitu GUIDED mode, dimana USV akan menuju lokasi yang dapat ditentukan di Flight Data.

Pengiriman data pada sistem Autopilot ini menggunakan modul Telemetry 3DR 915MHz dengan jarak Line Of Sight sekitar 1 Km. Apabila pengiriman data via Telemetry dari GCS ke USV terputus, maka USV akan melakukan fitur failsafe yang kemudian terprogram untuk RTL atau Return to Launch yaitu kembali ke posisi awal (Home Position). USV juga dilengkapi dengan sensor-sensor

seperti Compass, Sensor IMU (Inertial Measurement Unit), dan GPS. Ketiga perangkat ini sebelum digunakan dikalibrasi dan dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap USV.

2) Pengujian Misi Autopilot

Terdapat beberapa konstanta dan faktor parameter yang berpengaruh dalam pemakaian Autopilot. Faktor tersebut antara lain konstanta PID untuk servo dan throttle, Cruise Throttle, Minimal dan maksimal cruise. Pengaturan yang dipakai unutk menjalankan misi yaitu Cruise 5.0, Min 5.0, Max 20,0 dengan Cruise Speed 2.5 m/s, Turn Speed 8.0, dan WP Radius 3.0 meter. Pemilihan parameter-parameter ini dikarenakan kontruksi sistem penggerak yang belum optimal karena kurang tepatnya pemasangan strut dan shaft untuk propeller sehingga apabila USV dalam keadaan fullspeed, maka dorongan dari sistem penggerak akan loss. Sehingga cruise speed 2.5 m/s adalah angka yang tepat untuk mencegah kerusakan pada bagian sistem penggerak.

Pengujian sistem Autopilot dilakukan dengan 6 misi yang berbeda-beda. Uji perairan yang dilakukan untuk melihat respon USV terhadap letak beragam waypoint yang akan dituju. Pengujian pertama dilakukan dengan membuat track waypoint berupa garis lurus dan menghasilkan Eror Radius yang cukup kecil. Pengujian kedua dilakukan dengan penambahan 2 waypoint sehingga track waypoint menjadi 4 waypoint.. Eror Radius pada misi kedua ini masih dalam waypoint radius yang dipakai yaitu 3 meter. Kemudian pengujian dilanjutkan dengan membuat 6 waypoint. Pada pengujian ini Eror Radius yang terjadi yaitu 3,11 meter pada waypoint terakhir. USV merespon untuk pengubahan mode menjadi HOLD saat jarak USV ke waypoint saat jarak 3,11 meter. Hal ini dapat terjadi karena keakuratan GPS yang dipakai yaitu 1 – 5 meter. Pengujian selanjutnya yaitu penambahan waypoint menjadi 7 waypoint dengan track berbentuk "zigzag". Hal ini dilakukan untuk melihat respon USV terhadap track yang berliku-liku. Dari tabel 4.4 Eror Radius masih dalam tahap wajar dengan Eror Radius terbesar yaitu 2,64 meter. Kemudian misi selanjutnya yaitu 9 waypoint dengan bentuk track menyerupai setengah lingkaran, hal ini dilakukan untuk melihat respon USV terhadap track yang berbentuk melingkar. Eror Radius pada misi ini mencapai jarak 4 meter yang berarti diluar waypoint radius yang dipakai. Hal ini dikarenakan posisi USV yang berlawanan arah dari waypoint sehingga terjadi perputaran mendekati 280 derajat yang membuat USV tidak mengunci arah dan koordinat waypoint 1.

Pada pergujian Eror Radius yang terjadi yaitu rata-rata 0,22 meter pada waypoint awal dan rata-rata 2,58 meter pada waypoint terakhir. Eror Radius terjadi karena USV melakukan respon lebih cepat atau lebih lambat pada waypoint yang dilalui nya. Pada waypoint terjadi Eror Radius yang cukup besar dikarenakan USV sebelum sampai pada waypoint terakhir secara otomatis terjadi perubahan flight mode dari AUTO menjadi HOLD. Ini merupakan pengaturan default dari firmware Ardurover apabila wahana mendekati radius waypoint terakhir maka secara otomatis akan berubah menjadi flight mode HOLD.

Pengiriman datalink Telemetry berjalan dengan baik dengan jarak pengoperasian saat pengujian yaitu 1 Km dengan kualitas sinyal mencapai 88%. Pengiriman datalink pada Telemetry akan mengalami penurunan sinyal apabila Line of Sight terhalangi oleh benda.

Kamera yang terpasang pada USV dapat mengirimkan video secara realtime dengan jarak pengujian saat misi yaitu mencapai 80 meter dan dapat ditampilkan secara langsung melalui monitor FPV 7". Video yang diterima oleh VRx juga dapat dilihat kembali karena

video tersimpan pada MicroSD yang ada pada VRx.

V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini :

1) Telah dibuat Sistem Navigasi pada USV yang dapat dikendalikan secara autonomous dengan tujuan untuk pemantauan kondisi daerah perairan.
2) Telah terealisasi flight mode Manual, Auto dan Hold yang dapat digunakan USV dengan rata-rata Eror Radius 2,2 meter.
3) Penggunaan APM 2.5 dengan firmware Ardurover sesuai untuk wahana jenis USV dan dapat berjalan dengan lancar tanpa kendala.
4) Pengiriman video untuk sistem FPV menggunakan Video Sender (VTx dan VRx) dan ditampilkan pada Monitor 7".

REFERENSI

[1] Adi, S. (2008). Analisis Dan Karakterisasi Badan Air Sungai, Dalam Rangkamenunjang Pemasangan Sistim Pemantauan Sungai Secara Telemetri. *J.Hidrosfir Indonesia, 3*, 123-136.

[2] Anshori, M. I. (2009). Desain Kontrol *Autopilot* pada UGV (Unmanned Ground Vehicle) berbasis GPS (Global Positioning System).

[3] Audli, R. (2014). Rancang Bangun AlatUkur *Portable* 9 Titik Kecepatan Aliran Sungai (Open Chanel) Nirkabel Berbasis Pc. *ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 8*, 68-81.

[4] Calce, A. (2008). *Roboboat - building unmanned surfaced vessels from RC motorboats.* Toronto, Ontario, Canada: Computer Science and Engineering York University.

[5] Colito, J. (2007). *Autonomous Mission Planning and Execution for Unmanned Surface Vehicle in Compliance with the Marine Rules of the Road.* Washington: University of Washington.

[6] Dunbabin, M. (December 2-4, 2009). *An Autonomous Surface Vehicle for Water Quality Monitoring*. *Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA)* (hal. 3-5). Sydney, Australia: Autonomous System Laboratory.

[7] Earth Point, Tools for Google Earth (2015). Diakses pada 4 Oktober 2015, dari https://www.earthpoint.us/ExcelToKml.aspx

[8[Halvorsen, H. (June, 2008). *Dynamic Positioning for Unmanned Surface Vehicles. Master of Science in Engineering Cybernetics Norwegian University*, 3-6.

[9] Istiqphara, S. (2013). Rancang Bangun Sistem Manual Pilot menggunakan J*oystick Logitech* dan Sistem *Autopilot* pada Wahana Udara Tak Berawak. *Electrician*, 65-80.

[10] Nugroho, G. D. (2010). Studi Perancangan *Steering* Sistem Pada *Unmanned Surface Attack Boat* 9 Meter Berbasis *Micro Controller*. *Journal FTK-ITS, 2*, 1.

[11] Prasetyo, H. P. (2012). Perancangan Sistem Navigasi pada Kapal (MCST-1 SHIP *AUTOPILOT*) untuk Mendukung Sistem *Autopilot*. *ITS Surabaya*.

[12] Perbani, N. M. (2014). Pembangunan Sistem Penentuan Posisi Dan Navigasi Berbasis *Unmanned Surface Vehicle* Untuk Survey Batimetri. *Jurnal Iternas Rekayasa, 18*, 9-22.

[13] Susilo, Aris (2015). Pengembangan Sistem *Autopilot* pada Wahana Udara Tanpa Awak Fixed Wing Proto-03. Tugas Akhir. Teknik Elektro Universitas Lampung.

[14] Siswandi, B (2012), Perencanaan Unmanned Surface Vehicle (USV) ukuran 3 Meter Tipe Serbu Cepat. ITS

[15] Taufik, A. S. (2013). Sistem Navigasi *Waypoint* pada Autonomous Mobile Robot. *Teknik Elektro Universitas Brawijaya*.

[16] Wikipedia. (2014). *Unmanned Surface Vehicle.* Diakses pada 16 Januari 2015, dari Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_surface_vehicle.