
GEOMARINE 1: AUTONOMOUS USV (*UNMANNED SURFACE VEHICLE*) UNTUK Mendukung Survei Hidro-Oceanografi

Danar Guruh Pratomo¹, Andi Rahmadiansah², Mokhamad Nur Cahyadi¹, Ira Mutiara Anjasmara¹, Khomsin¹, Fajar Setio Adi³

¹Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia,

²Departemen Teknik Fisika, FTI-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia,

³PT. Geotronix Pratama Indonesia, Jakarta, 10210, Indonesia

e-mail: *¹guruh@geodesy.its.ac.id

Abstrak

Survei hidro-oceanografi dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dari suatu perairan. Salah satu kegiatan yang termasuk dalam survei hidro-oceanografi adalah penentuan kedalaman dan pencitraan bentuk topografi dasar laut. Pada umumnya, survei tersebut dilakukan dengan menggunakan wahana apung (kapal) yang relatif besar yang minimal dapat menampung surveyor dan pengemudi kapal. Wahana apung konvensional tersebut memiliki keterbatasan dalam bermanuver, terutama di daerah perairan yang dangkal dan sempit. Keterbatasan dalam mobilisasi, juga menjadi kendala ketika wahana apung konvensional akan digunakan untuk survei di area perairan pedalaman (sungai, waduk, dam, bekas galian tambang).

Geomarine 1 merupakan solusi alternatif untuk melakukan survei hidro-oceanografi di daerah perairan dimana penggunaan wahana apung konvensional tidak dapat digunakan secara efektif. Geomarine 1 merupakan wahana apung tanpa awak (*Unmanned Surface Vehicle*) yang memiliki sistem mandiri (*autonomous*). Wahana apung tanpa awak ini dilengkapi dengan sensor anti tabrakan (*collision avoidance*) dan fungsi kembali ke titik awal (*home return*) apabila survei sudah selesai dilakukan ataupun pada saat baterai akan habis. Sensor survei hidro-oceanografi yang terdapat pada wahana ini merupakan kombinasi sensor akustik dan optik. Sensor akustik digunakan untuk penentuan kedalaman dan pencitraan topografi dasar laut, sedangkan sensor optik digunakan untuk perekaman kondisi fisik perairan secara visual.

Kata kunci : Autonomous, Wahana apung tanpa awak, Hidro-Oceanografi, Topografi Dasar Laut

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan survei hidro-oceanografi adalah penentuan kedalaman dan pencitraan dasar perairan. Kegiatan ini sering disebut dengan survei bathimetri. Survei bathimetri pada umumnya dilakukan pada daerah perairan yang luas dan relatif dalam seperti lepas pantai dengan mengikuti lajur pemeruman yang telah ditentukan. Kegiatan ini membutuhkan wahana apung yang dimensinya relatif besar yang mampu untuk membawa alat survei bathimetri seperti echosounder dan alat untuk penentuan posisi horisontal kapal serta personel yang dibutuhkan. Survei bathimetri digunakan untuk mendukung pekerjaan di bidang kelautan seperti penentuan lajur pelayaran, perencanaan bangunan tepi pantai, dan pertambangan minyak lepas pantai. Survei bathimetri umumnya dilakukan pada daerah perairan luar (pesisir dan laut lepas). Sedangkan

untuk perairan pedalaman (danau, waduk, dam, atau bekas galian tambang) survei bathimetri jarang sekali dilakukan karena keterbatasan mobilisasi wahana apung konvensional.

Keterbatasan yang dimiliki oleh wahana apung konvensional dalam melakukan survei di perairan pedalaman dapat diatasi dengan adanya kapal apung tanpa awak (*Unmanned Surface Vessel-USV*) yang mudah untuk dibawa dan dapat bergerak lebih fleksibel. Pada penelitian ini wahana apung tanpa awak dibangun dengan memanfaatkan sensor-sensor yang digunakan untuk survei bathimetri, yaitu sensor untuk penentuan posisi, kedalaman, dan penampakan dasar perairan.

Wahana apung yang dibangun pada penelitian ini, Geomarine 1, mengadopsi model kapal katamaran dengan satu motor listrik dan satu baling-baling (berserta pendingin mesin). Wahana ini juga akan dilengkapi dengan dua kamera: satu kamera berada di depan kapal untuk memantau kondisi di depan

kapal dan satu kamera berada di lambung kapal yang terhubung dengan GPS di atasnya. Selain itu wahana ini juga dilengkapi dengan kamera bawah air ini akan memberikan informasi mengenai situasi di bawah permukaan air.

Geomarine 1 membawa sensor akustik single beam echosounder dan *side scan sonar* untuk yang terintegrasi untuk mengetahui kedalaman dasar perairan dan kondisi topografi dasar perairan tersebut. Berdasarkan data dari *side scan sonar* hasil akuisisi dengan wahana apung tanpa awak tersebut, pemahaman tentang topografi dasar perairan dan distribusi sedimen di perairan tersebut dapat dipetakan. Pembangunan kapal tanpa awak ini diharapkan dapat menunjang pembangunan wilayah pesisir.

METODE

USV Geomarine 1 yang dibangun pada penelitian ini menggunakan sistem *autonomous*, yang memungkinkan wahana tanpa awak ini dapat bergerak secara mandiri. Pada penelitian ini, terdapat beberapa tahapan pembangunan: [a] identifikasi penentuan karakteristik platform A-USV, [b] perancangan sistem meliputi perangkat keras dan lunak, [c] pembuatan dan perakitan komponen sistem serta [d] melakukan pengujian di perairan Indonesia, terutama perairan dalam (bendungan, danau, bekas galian tambang, dan dam).

Pada subbab berikut akan dijelaskan mengenai tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini.

Penentuan Ukuran Kapal dan Bentuk Lambung

Bentuk lambung kapal sangat mempengaruhi terhadap kecepatan serta stabilitas pada kapal. Optimasi ukuran utama kapal dilakukan untuk mencari ukuran utama dari wahana USV pada penelitian ini. Sebagai pendekatan pertama, karakteristik gelombang transversal diasumsikan sama dengan gelombang sinus di mana panjang gelombang, L_w (feet), terkait dengan kecepatan, C_k (knot) dengan persamaan berikut (Ni Made dan Suwardhi (2014).:

$$C_k = 1.3\sqrt{L_w} \quad (1)$$

SLR (*Side Length Ratio*) kapal sangat tergantung pada panjang lambung dan kecepatan di air. Hubungan antara panjang gelombang yang dihasilkan oleh kapal (L_w) dan beban panjang garis

air (L_{wl}) sebagai fungsi dari SLR dapat dilihat pada persamaan 2.

$$\frac{L_w}{L_{wl}} = \frac{SLR^2}{1.80} \quad (2)$$

Stabilitas Wahana

Stabilitas wahana adalah kemampuan kapal untuk menegak kembali sewaktu kapal pada saat diapungkan, tidak miring kekiri atau kekanan, demikian pula pada saat berlayar, disebabkan oleh adanya pengaruh luar yang bekerja padanya pada saat kapal diolengkan oleh ombak atau angin, kapal dapat tegak kembali (Newman, 2010). Stabilitas awal sebuah kapal adalah kemampuan dari kapal itu untuk kembali kedalam kedudukan tegaknya semula sewaktu kapal miring pada sudut-sudut kecil (± 60 derajat). Pada stabilitas awal sebuah wahana apung, titik-titik yang menentukan besar kecilnya nilai-nilai stabilitas awal adalah sebagai berikut :

a. Titik Berat Kapal (G)

Titik di kapal yang merupakan titik tangkap dari resultante semua gaya berat yang bekerja di kapal itu, dan dipengaruhi oleh konstruksi kapal. arah gaya kerja titik berat kapal adalah tegak lurus ke bawah.

b. Titik Tekan Kapal atau Titik Apung Kapal (B)

Titik stabilitas kapal (*centre of buoyency*) sebuah titik di kapal yang merupakan titik tangkap resultan semua gaya tekanan ke atas air yang bekerja pada bagian kapal yang terbenam di dalam air. Arah bekerjanya gaya tekan adalah tegak lurus ke atas.

c. Titik Metasentrum (M) Stabilitas Kapal

Titik di kapal yang merupakan titik putus yang busur ayunannya adalah lintasan yang dilalui oleh titik tekan kapal.

Perhitungan Tahanan dan Tekanan

Tahanan kapal (*resistance*) pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal demikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Rumus empiris untuk perhitungan tahanan gesek (R_f) dapat dilihat pada formula berikut (Alberto dan Pierluigi, 2012).

$$R_f = C_f \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right) s \quad (3)$$

dimana,

C_f = koefisien tahanan gesek

ρ = massa jenis

V = kecepatan kapal

s = luas permukaan basah kapal

Tahap selanjutnya adalah proses pembuatan wahana apung tanpa awak model katamaran. Model ini memiliki dua lambung: sisi port dan sisi starboard. Masing-masing lambung memiliki lima sekat agar USV memiliki ketahanan terhadap beban yang cukup berat dan keseimbangan dalam melakukan manuver yang relatif baik (Prabhu, 2016).

Setelah proses pembuatan USV model katamaran selesai, proses selanjutnya adalah penambahan sistem kemudi, baling-baling dan sistem kelistrikan lainnya, termasuk sumber daya berupa aki kering. Tahap selanjutnya adalah pengujian kapal yang berfokus kepada pengecekan wahana apung itu sendiri (kebocoran, daya apung dan daya angkut beban, kestabilan) dan sistem penggeraknya (motor, *rudder*, *water pump*, receiver, dan pengecekan sumberdaya listrik). Pada tahap ini juga akan dilakukan pengecekan *remote control* dengan wahana apakah tersambung dengan baik atau tidak.

Tahap selanjutnya adalah pemasangan alat-alat yang digunakan untuk keperluan survei hidro-oceanografi yaitu antenna GPS, transducer (*singlebeam* dan *side scan sonar*), dan processing unit.

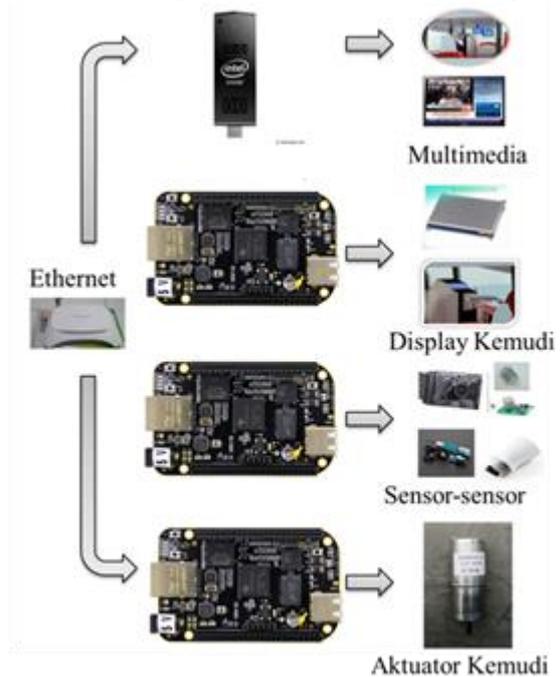
Pada penelitian ini, alat yang digunakan untuk survei batimetri adalah Garmin Echomap 71sv. Setelah semua alat terpasang dengan baik, maka akan dilakukan percobaan di lapangan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari sistem USV yang telah dibuat. Pengetesan akan dilakukan di beberapa tempat yang memiliki kondisi fisik yang berbeda (misal: danau dan sungai).

Penentuan Cakupan Sistem Instrumentasi

Tahapan pertama yang dilakukan yaitu menentukan cakupan sistem instrumentasi yang akan diaplikasikan ke wahana *Autonomous-USV Geomarine 1*. Sistem instrumentasi yang digunakan berupa mikrokontroler yang digunakan untuk beberapa fungsi, yaitu: [a] display kemudi, [b] pengolahan sensor autonomous dan sensor lingkungan, [c] penggerak kemudi sistem autonomous, serta [d] sistem multimedia.

Pada Gambar 1 dapat dilihat detail penggunaan mikrokontroler untuk multimedia, display, sensor-sensor, dan aktuator kemudi. Dimana semua

mikrokontroler terintegrasi menggunakan komunikasi ethernet melalui router switch yang kedepannya bisa dikembangkan ke *The Internet of Things (IoT)*.

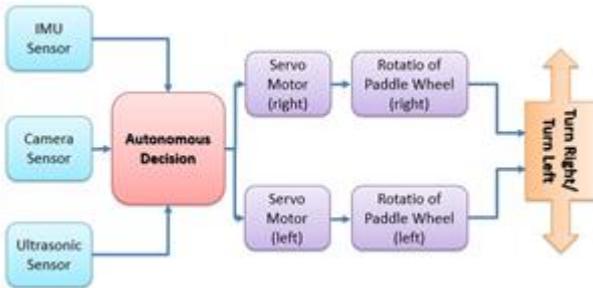


Gambar 1. Beberapa fungsi mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini

Perancangan Sistem Informasi

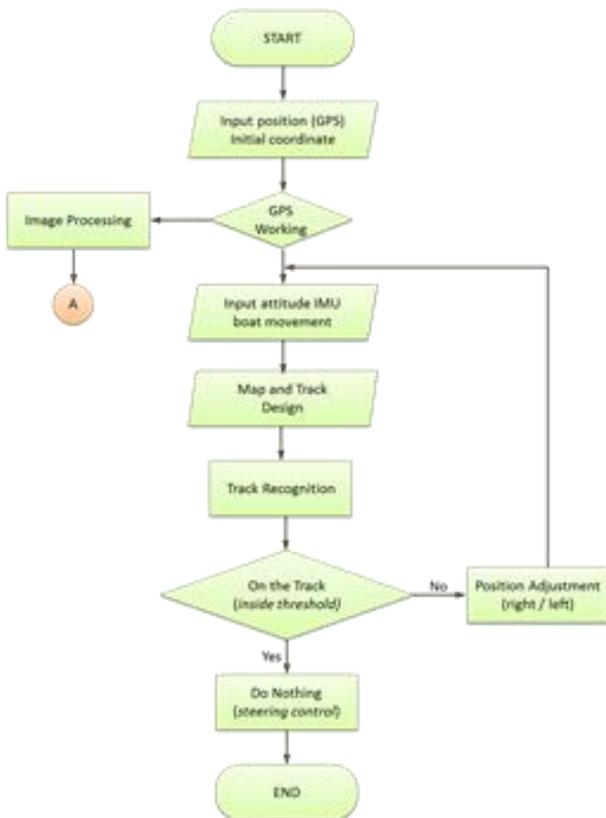
A-USV Geomarine 1 dirancang untuk bergerak secara mandiri (autonomous) tanpa dikendalikan oleh operator. Prinsip sistem yang dikembangkan adalah menggunakan prinsip *Geographic Information System (GIS)*, beberapa informasi *Global Navigation Satellite System (GNSS)* untuk acuan awal koordinat berangkat. Kemudian sensor *Inertial Measurement Unit (IMU)* membaca arah dan kecepatan kapan sehingga bisa melakukan updating posisi kapal dari titik berangkat/acuan berdasarkan sensor GNSS sebelumnya. Metode yang digunakan selain berdasarkan sensor GNSS dan sensor IMU yaitu menggunakan gambar/citra kamera.

Metode *image processing* digunakan untuk mendukung metode GIS sekaligus dilengkapi kemampuan menghindari objek penghalang di depan kapal berdasarkan sensor ultrasonik yang ditempatkan di depan wahana. Gambar 2 memperlihatkan skema sistem otomatis yang digunakan pada A-USV Geomarine 1.



Gambar 2. Skema sistem otomatis kemudi A-USV Geomarine 1

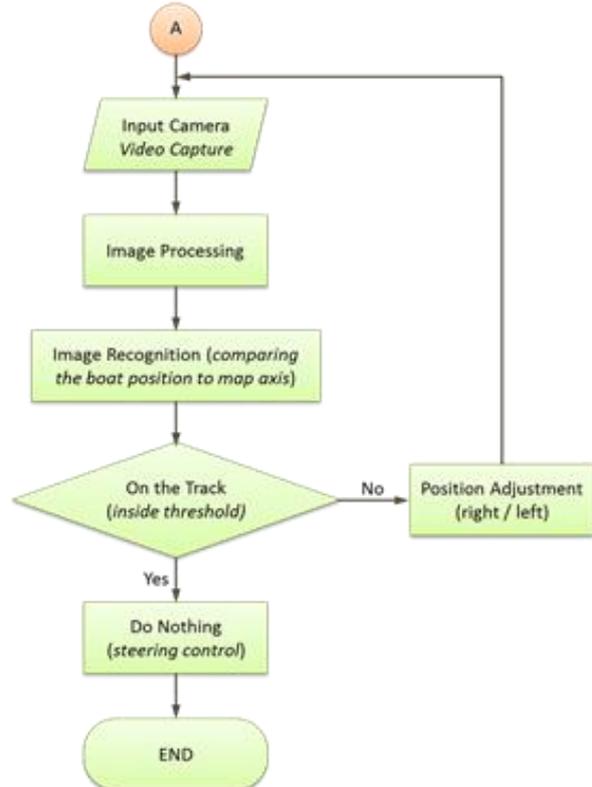
Diagram alir untuk sistem kemudi autonomous dari A-USV berdasar sensor GPS dan IMU yang akan diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir sistem otomatis kemudi A-USV berdasar sensor GPS dan IMU

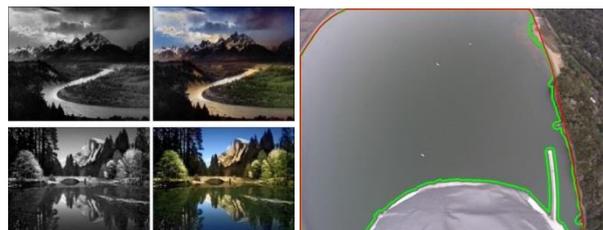
Sedangkan pada Gambar 4 dapat dilihat diagram alir sistem kemudi autonomous pada wahana ini yang didasarkan pada sensor kamera. Sistem autonomous yang lain bekerja berdasarkan masukan kamera yang ditempatkan di depan kapal dan menghadap ke depan. Gambar atau citra yang didapatkan menggunakan kamera diolah terlebih dahulu untuk menghilangkan bagian-bagian yang dianggap bukan objek utama

dalam pengenalan (misal tepi sungai, air sungai, objek penghalang, dan sampah ukuran besar).



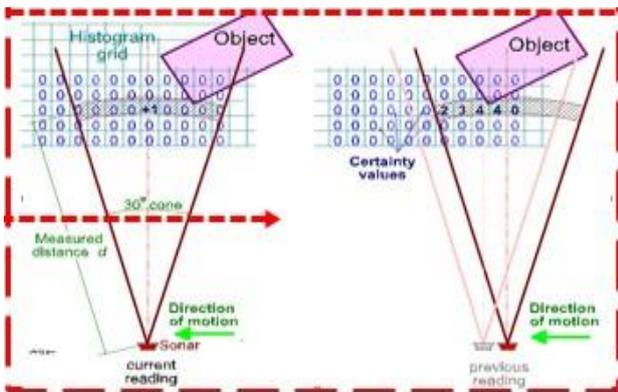
Gambar 4. Diagram alir sistem otomatis kemudi A-USV berdasarkan sensor kamera

Pada langkah pertama citra kamera dirubah menjadi citra *greyscale* dengan tujuan untuk mempercepat pemrosesan yang akan diolah oleh mikrokontroler. Setelah proses *greyscale*, dilakukan pembedaan bagian danau dan bagian bukan danau menggunakan *edge detection*. Untuk meningkatkan keakurasian maka sistem pengenalan mengacu data base peta garis pantai yang akan dilalui dan senantiasa diupdate (setiap citra kamera diolah). Proses *image processing* di mikrokontroler menggunakan OpenCV dan menggunakan bahasa Python.



Gambar 5. Grayscale dan Edge Detection pada OpenCV

Sistem kontrol dari A-USV Geomarine 1 dilengkapi dengan kemampuan menghindari objek yang terletak di depan kapal. Ketika objek di depan kapal dikenali oleh sensor ultrasonik maka kapal akan bergeser ke arah dimana sisi sungai yang masih cukup untuk dilewati. Secara keseluruhan algoritma disimpan di mikrokontroler. Pada Gambar 6 dapat dilihat metode yang diterapkan pada A-USV Geomarine 1 dalam menghindari objek-objek berbahaya (*obstacles*) yang berada di depan kapal.



Gambar 6. Metode Menghindari Objek di Depan Kapal dengan Sensor Ultrasonik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem *autonomous* yang diterapkan pada A-USV Geomarine 1 berbasis pengolahan citra digital. Tahapannya antara lain mengambil gambar dari kamera, merubah format gambar, beberapa filter gambar, dan pengenalan gambar. Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan secara kualitatif maupun kuantitatif.

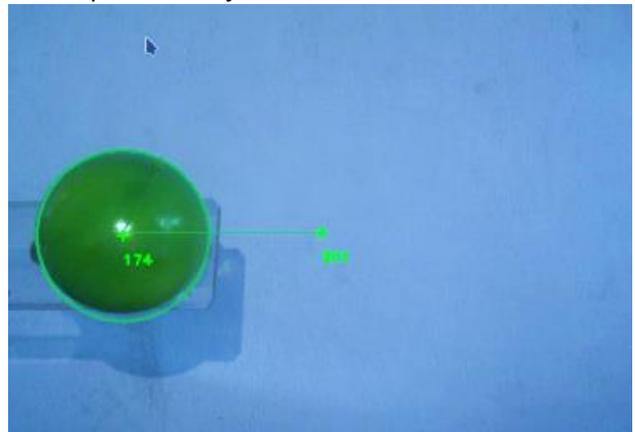
Pengambilan Gambar

Untuk mengetahui kapan saatnya kapal merubah haluannya/belok, pada penelitian ini digunakan kamera yang dihubungkan ke *Single Board Computer* (SBC).

Aplikasi pengenalan objek yang digunakan dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan library yang sudah ada yaitu OpenCV. Pada penelitian ini objek yang ditangkap kamera masih dalam format warna aslinya yaitu Red-Green-Blue (RGB). Penelitian ini menggunakan objek bola berwarna hijau sebagai penanda tujuan yang akan ditempuh kapal.

Untuk menentukan jarak objek tepat di depan kapal dan di depan yang bergeser ke samping

berdasarkan diameter bola warna. Pada Gambar 7 dapat dilihat objek yang digunakan untuk validasi dalam penentuan jarak.



Gambar 7. Objek Bola dalam Format RGB

Untuk mengetahui jarak antara kamera dan objek bola, dihitung jumlah piksel yang divalidasi dengan jarak yang sebenarnya di lapangan. Hasil kalibrasi jarak obyek tepat di depan kapal sejauh 30 cm didapatkan jarak pada kamera sejauh 142,6 piksel (Tabel 1) dan jarak sejauh 60 cm didapatkan 74,8 piksel (Tabel 2).

Tabel 1. Hasil kalibrasi pada jarak depan 30 cm

Data ke-n	Jarak Depan Obyek (cm)	Jarak Image (piksel)	Faktor Pengali
1	30	144	0,208
2	30	143	0,210
3	30	141	0,213
4	30	143	0,210
5	30	142	0,211
Rata-rata		142,6	0,210

Tabel 2. Hasil kalibrasi pada jarak depan 60 cm

Data ke-n	Jarak Depan Obyek (cm)	Jarak Image (piksel)	Faktor Pengali
1	60	75	0,800
2	60	75	0,800
3	60	75	0,800
4	60	75	0,800
5	60	74	0,811
Rata-rata		74,8	0,802

Sedangkan penentuan jarak obyek depan dan bergeser ke samping kapal sesungguhnya sejauh 6 cm didapatkan jarak hasil rekaman kamera sejauh 68,8 piksel (Tabel 3) dan sejauh 8 cm didapatkan sejauh 199,4 piksel (Tabel 4).

Tabel 3. Hasil Kalibrasi pada Jarak Samping 6 cm

Data ke-n	Jarak Samping Obyek (cm)	Jarak (piksel)	Faktor Pengali
1	6	69	0,087
2	6	68	0,088
3	6	69	0,087
4	6	69	0,087
5	6	69	0,087
Rata-rata		68,8	0,087

Tabel 4. Hasil Kalibrasi pada Jarak Samping 8 cm

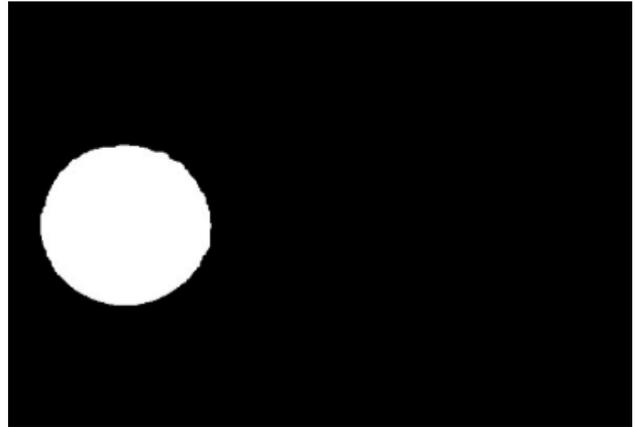
Data ke-n	Jarak Samping Obyek (cm)	Jarak (piksel)	Faktor Pengali
1	8	200	0,040
2	8	200	0,040
3	8	199	0,040
4	8	198	0,040
5	8	200	0,040
Rata-rata		199,4	0,040

Konversi Warna

Konversi warna digunakan untuk menyederhanakan pemrosesan juga meningkatkan keakuratan proses pengenalan objek yang ditangkap oleh kamera. Dengan mengubah format warna dari RGB ke format HSV (*Hue Saturation Value*) untuk didapatkan hasil segmentasi yang lebih baik.

Segmentasi Warna

Pada tahap ini dilakukan segmentasi warna untuk mendapatkan objek bola warna hijau. Untuk mendapatkan objek bola warna hijau yang terpisah dengan gambar selain bola, maka digunakan komponen warna yang hasilnya seperti yang terlihat pada Gambar 8 berikut ini:



Gambar 8 Segmentasi warna

Kendali Rudder

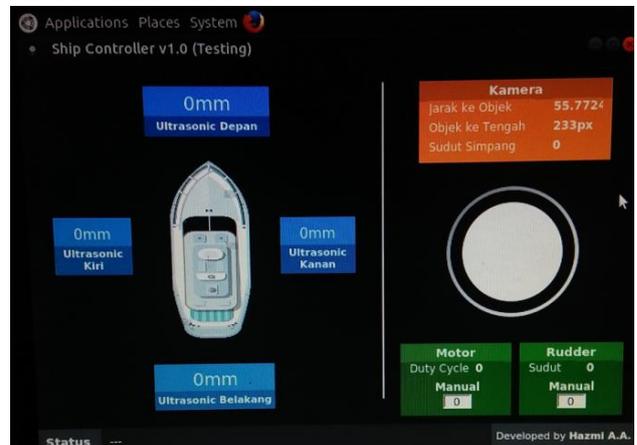
Sistem kendali yang terdapat pada A-USV Geomarine 1 selain berbasis pada pengolahan citra, juga berbasis geopositioning dengan menggunakan receiver GNSS dan sensor ultrasonik sebagai deteksi objek penghalang di depan kapal.



Gambar 9. Sensor Geopositioning

Interface Sistem Navigasi

Pada Gambar 10 dapat dilihat tampilan antar muka yang untuk melakukan kontrol terhadap sistem kendali A-USV Geomarine 1.



Gambar 10. Interface navigasi A-USV Geomarine 1

Percobaan Kapal A-USV Geomarine 1

Percobaan kapal ini dilakukan di danau Departemen Teknik Geomatika pada tanggal 11 Desember 2017.



Gambar 11. Tampak samping kanan



Gambar 12. Tampak samping kiri

KESIMPULAN

Wahana A-USV Geomarine 1 menggunakan model katamaran, dimana kapal katamaran memiliki dua lambung di kiri dan di kanan. Lambung ini berfungsi sebagai penyeimbang kapal sekaligus memberikan daya apung yang sangat baik untuk kapal.

Sensor akustik yang digunakan untuk survei hidro-oceanografi yang terdapat pada wahana Geomarine 1 adalah single beam echosounder dan side scan sonar yang terintegrasi dengan Processing Unit dan alat penentuan posisi dengan menggunakan satelit (GNSS).

A-USV Geomarine 1 dilengkapi dengan sistem *collision avoidance* system dengan menggunakan sensor optik dengan menggunakan metode deteksi objek, untuk mencegah terjadinya tumbukan dengan benda-benda asing. *Microcontroller* yang dipasang di A-USV Geomarine 1 digunakan untuk menyimpan desain lajur survei dan sebagai masukan ke A-USV untuk bergerak secara mandiri.

Fitur *Auto Home Return* pada A-USV Geomarine 1 menjadi keunggulan tersendiri pada wahana ini dibandingkan dengan USV yang ada saat ini. Dengan fitur ini A-USV akan kembali ke titik awal apabila survei sudah selesai atau ketika baterai akan habis. A-USV Geomarine 1 juga dilengkapi dengan dua kamera. Kamera pertama berada di depan wahana untuk mengetahui keadaan di depan wahana secara *real time*. Kamera kedua ditempatkan di lambung wahana untuk melihat gambaran dasar perairan secara *real time*. Kedua kamera adalah kamera kedap air dan dapat berfungsi sampai dengan kedalaman 40 m.

Untuk tahap selanjutnya, A-USV Geomarine 1 akan dikembangkan menggunakan sistem telemetri yang memungkinkan untuk mengirimkan data posisi dan kedalaman secara *real time* kepada pengamat yang berada di darat

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Inovasi, Kerjasama, dan Kealumnian ITS dalam mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberto, R., Pierluigi D. (2012). Autonomous Unmanned Surface Vessels for Hydrographic Measurement and Environmental Monitoring. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2012/papers/ts04d/TS04D_roma_no_duranti_6118.pdf. diakses pada 19 Juli 2017.
- Newman, Paul. (2010). Unmanned Vehicle for Shallow and Coastal Waters. http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/shallowwater_auv_and_usv.pdf. diakses pada 19 Juli 2017)
- Ni Made Rai R., Suwardhi D. (2014). Pembangunan Sistem Penentuan Posisi dan Navigasi Berbasis Sistem Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk Survey Batimetri. <http://jurnalonline.itenas.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/476>. diakses pada tanggal 18 Juli 2017.
- Prabhu, T. (2016). Unmanned Surface Vehicle (USV) For Coastal Surveillance. https://www.iaeme.com/MasterAdmin/uploadfile/older/IJMET_07_03_002-2/IJMET_07_03_002-2.pdf. diakses pada tanggal 18 Juli 2017.