

**PEMETAAN BATIMETRI KAWASAN
PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN SHUMOO
(SMALL HYDROGRAPHY MARINE BOUNDARY BOAT)
(Studi Kasus: Sungai Anyar Buring, Malang)**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
Ketut Tomy Suhari
NIM. 1325117**

**JURUSAN TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2017

1983

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE
NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATIONS
MONTANA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION
MONTANA STATE UNIVERSITY
MONTANA STATE UNIVERSITY
MONTANA STATE UNIVERSITY

REPORT NO. 100
MONTANA STATE UNIVERSITY
MONTANA STATE UNIVERSITY
MONTANA STATE UNIVERSITY

1983

Montana State University
Montana State University
Montana State University
Montana State University
Montana State University

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMETAAN BATIMETRI KAWASAN
PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN SHUMOO
(SMALL HYDROGRAPHY MARINE BOUNDARY BOAT)
(Studi Kasus: Sungai Anyar Buring, Malang)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Malang**

Oleh :

**KETUT TOMY SUHARI
1325117**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping



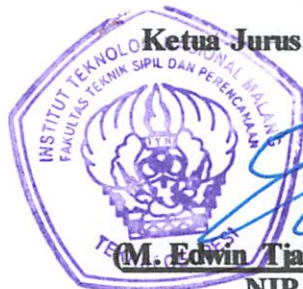
**(Hery Purwanto ST., MSc)
NIP.Y. 1030000345**



**(Alifah Noraini, ST., MT)
NIP.Y. 1031500478**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



**(M. Edwin Tjahjadi, ST. M.Geom. PhD)
NIP. P. 1039800320**

**PEMETAAN BATIMETRI KAWASAN
PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN SHUMOO
(SMALL HYDROGRAPHY MARINE BOUNDARY BOAT)
(Studi Kasus: Sungai Anyar Buring, Malang)**

Ketut Tomy Suhari

Dosen Pembimbing : Hery Purwanto, ST., MSc

Dosen Pendamping : Alifah Noraini, ST., MT

Abstraksi

Pengukuran Batimetri dan teknologi pemetaan saat ini sangat diperlukan di beberapa area penelitian. Peta dapat digunakan di beberapa aspek seperti monitoring waduk, pengukuran sedimen, dan perencanaan. Misalnya di Indonesia sebagai negara kepulauan, teknologi pengukuran batimetri sangat penting karena sebagian daerahnya adalah perairan. Selain itu, proses pemetaan dapat digunakan untuk mengenai manajemen perencanaan dan keberlanjutan perairan dari sumber daya alam.

Penelitian ini fokus pada pemetaan batimetri khususnya kawasan perairan dangkal seperti danau, waduk, sungai, dll. Peta batimetri di daerah perairan dangkal sulit diperoleh karena alat yang tersedia saat ini hanya untuk perairan yang dalam seperti di laut. Melalui tulisan ini, SHUMOO (*Small Hydrography Marine Boundary Boat*) akan diperkenalkan sebagai teknologi baru untuk pemetaan batimetri di kawasan perairan dangkal.

Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) adalah sebuah perahu kecil (RC) yang terintegrasi dengan sistem teknologi penginderaan jauh, GPS dan echosounder, yang dibuat oleh mahasiswa penelitian dari Institut Teknologi Nasional, Malang. SHUMOO dapat digunakan untuk memetakan permukaan bawah Perairan dangkal. Navigasi kapal terhubung dengan *software* HydroPro, dan hasil pengukuran disimpan dalam (x, y, z) data sebagai variabel untuk peta batimetri.

THE SMALL HYDROGRAPHY MARINE BOUNDARY BOAT (SHUMOO) FOR MAPPING BATHYMETRY OF SHALLOW WATER AREA

Ketut Tomy Suhari^{*)}, Hery Purwanto, and Alifah Noraini, Indonesia

^{*)}Author to whom correspondence should be addressed;

Email: ketut.tomy.suhari@gmail.com; Telp.: +62-812-3682-8055

Abstract

Bathymetry measurements and mapping technology are greatly needed for several research areas. The map can be used in many aspects such, monitoring of reservoirs, engineering, and planning. For instance, Indonesia as an archipelago, the bathymetry mapping technology is important since the most of the country area is covered by water. Moreover, mapping process can be used for concerning of planning management and sustainability of water from natural resources.

This research focus on mapping the bathymetry of the shallow water area such as lakes, reservoirs, rivers, ect. Bathymetry maps in shallow water area is difficult to obtain since the present available tools only for the deep water such as in ocean. Through this paper, SHUMOO (Small Hydrography Marine Boundary Boat) will be introduced as a new technology for mapping bathymetry in shallow area.

Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) is a small boat integrated with a systems of remote sensing technology, GPS and echo sounder, created by research students of Institut Teknologi Nasional, Malang. SHUMOO can be used for mapping the surface of shallow water bottom. Boat navigation is connected with HydroPro software, and the results of measurement are stored in (x, y, z) data as the variables for bathymetric map.

Key words: SHUMOO, HydroPro, Shallow Water, Real Time Mapping System

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Ketut Tomy Suhari
NIM : 1325117
Program Studi : Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :
**“PEMETAAN BATIMETRI KAWASAN PERAIRAN DANGKAL
MENGUNAKAN SHUMOO (*SMALL HYDROGRAPHY MARINE
BOUNDARY BOAT*) dengan Studi Kasus di Sungai Anyar Buring, Malang”**

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikasi serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 23 Januari 2017
Yang membuat pernyataan

Ketut Tomy Suhari
NIM : 1325117

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Skripsi ini kepada :

**IDA SANG HYANG WIDHI WASA
ATAS SEGALA ASUNG KERTHA WARANUGRAHANYA**

KELUARGA TERCINTA

I GEDE SUJANA, SH., MH (AYAH)

LUH WANDRI (IBU)

Dr. PUTU HARRY GUNAWAN (KAKAK PERTAMA)

MADE KRISNA HARRYADI, S.Tr. (KAKAK KEDUA)

NYOMAN ROBY MANIK SAPUTRA, S.Pi, MP (KAKAK KETIGA)

NI MADE ARI WIDAYANI

ATAS SEGALA DOA DAN DUKUNGANNYA

SUPERVISOR

Bpk. HERY PURWANTO, ST., MSc

ATAS MOTIVASI DAN BIMBINGANNYA SELAMA PENELITIAN

TEAM PKM KC & PENDUKUNG

(WAYAN, RAHMA, ZAINURI, INDAH, APON, DAN SUBAGIA)

SERTA TEMAN SEANGKATAN GEODESI

ATAS BANTUAN MENYELESAIKAN PENELITIAN INI

*Om Dewa Suksma Parama Acintya Ya Namah Swaha,
Sarwa Karya Prasadhantam
Om Santih, Santih, Santih, Om*

ARTINYA :

Ya Tuhan, Dalam Wujud Parama Acintya Yang Maha Gaib Dan Maha Karya,
Hanya Atas Anugrahmulah Maka Pekerjaan Ini Berhasil Dengan Baik
Semoga Damai, Damai Di Hati, Damai Di Dunia, Damai Selamanya

KATA PENGANTAR

Om swastyastu

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul PEMETAAN BATIMETRI KAWASAN PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN SHUMOO (*SMALL HYDROGRAPHY MARINE BOUNDARY BOAT*) dengan Studi Kasus di Sungai Anyar Buring, Malang

dapat terselesaikan. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya saya sampaikan pada :

1. Bapak Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang
3. Bapak M. Edwin Tjahjadi selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi
4. Bapak Hery Purwanto selaku Supervisor (pembimbing) penelitian
5. Ibu Alifah selaku dosen pembimbing penulisan
6. Keluarga Tercinta
7. Team SHUMOO - PKM KC
8. Teman Seperjuangan Angkatan 2013
9. Semua Pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan penelitian ini. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih dan semoga bermanfaat.

Om Santhi, Santhi, Santhi Om

Malang, 23 Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	i
Abstrak.....	ii
Surat Pernyataan Keaslian Skripsi.....	iv
Lembar Persembahan.....	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan dan manfaat penelitian.....	3
I.4 Batasan Penelitian.....	3
I.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	
II.1 Pemetaan Perairan Dangkal.....	5
II.2 GPS.....	6
II.3 Echosounder	7
II.4 Jahur Sounding.....	8
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
III.1 Persiapan Penelitian.....	9
III.2 Lokasi Penelitian.....	9
III.3 Flowchart.....	10
III.3.1 Studi Literatur.....	10
III.3.2 Pembuatan Alat.....	11
III.3.3 Uji Coba	11
III.3.4 Nilai Parameter	11
III.3.5 Pembuatan Laporan	11
III.4 Rancang Bangun dan Desain Sistem.....	11
III.4.1 Rancang Bangun.....	12
III.4.2 Desain Boat.....	13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil Pemetaan SHUMOO	14
IV.2 Data Batimetri	14
IV.2 Kelebihan dan kelemahan pada SHUMOO	15
BAB V PENUTUP	
V.1 Kesimpulan	17
V.2 Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 SHUMOO (<i>Small Hydrography Marine Boundary Boat</i>)	2
Gambar 2.1 Teori Transmitter dan Receiver dari transducer.....	5
Gambar 2.2 Metode Real Time Kinematik	6
Gambar 2.3 GPSMAP 585.....	7
Gambar 2.4 Echosounder	8
Gambar 2.5 Perencanaan jalur pemeruman.....	8
Gambar 3.1 Lokasi penelitian di sungai Anyar Buring.....	9
Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan.....	10
Gambar 3.3 Skema instalasi Boat Survey.....	12
Gambar 3.4 Sistem kerja SHUMOO	12
Gambar 3.5 Hasil instalasi Boat Survey	13
Gambar 3.6 <i>Shallowshelves hull</i>	13
Gambar 4.2 Data pengukuran di software HydroPro	14
Gambar 4.2 Visualisasi Terramodel (Kiri) dan ArcGIS (Kanan).....	15

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Physical & Performance.....	12
Tabel 3.2. Spesifikasi Remote.....	12
Tabel 3.3. Spesifikasi Sonar.....	13
Tabel 4.3. Data x, y, z di Kali Anyar.....	13

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengukuran batimetri dan teknologi pemetaan saat ini sangat diperlukan di beberapa area penelitian. Informasi peta batimetri merupakan dasar di semua cabang survei kelautan. Hal ini dapat disajikan dalam peta yang menunjukkan kedalaman perairan sebagai fungsi dari posisi (lintang dan bujur), mirip dengan peta topografi yang mewakili ketinggian permukaan bumi pada koordinat geografis yang berbeda (Jawak, 2015).

Menggunakan kapal maritim mampu melaksanakan pengukuran batimetri tetapi tidak dapat mengukur dan memetakan di perairan dangkal, sehingga hanya perahu kecil yang sesuai untuk pengukuran di perairan dangkal. Karena dimensi perahu tersebut lebih kecil dari perahu maritim, kapal ini tidak berawak dan dikategorikan sebagai USVs (*Unmanned Surface Vehicles*) (Caccia, 2007; Bertram, 2016). Analoginya dengan aplikasi sistem avionik, mereka juga disebut *drones* laut (Giordano, 2015). Beberapa drone tersebut juga dikenal sebagai *Autonomous Surface Crafts* (ASCs) dan *Remotely Operated Vehicles* (ROVs). Menurut (Zhao, 2011), ASCs, juga disebut *Autonomous surface vehicle* (ASVs), adalah jenis kendaraan laut *autonomus* (bergerak sendiri) tanpa operasi langsung dari manusia, sementara ROVs dikendalikan oleh operator. Namun, perbedaan ini tidak selalu diamati dan istilah yang kadang digunakan tanpa adanya perbedaan dalam arti tersebut (Giordano, 2016).

Peta dapat digunakan dalam beberapa aspek seperti, *monitoring* waduk, simulasi banjir, pembangunan wisata danau, dan perencanaan (Hassan dan Romano, 2012). Misalnya, Indonesia sebagai negara kepulauan, teknologi pemetaan batimetri sangat penting karena sebagian besar wilayah negara ditutupi oleh perairan (Setiawan, 2014). Selain itu, proses pemetaan dapat digunakan untuk menyangkut manajemen perencanaan dan keberlanjutan perairan dari sumber daya alam. peta batimetri di daerah perairan dangkal sangat sulit diperoleh karena alat yang tersedia saat ini hanya untuk perairan yang dalam seperti di laut. Melalui penelitian ini, SHUMOO (*Small Hydrography Marine Boundary Boat*)

akan diperkenalkan sebagai teknologi baru untuk pemetaan batimetri di kawasan perairan dangkal (Gambar 1).



Gambar 1.1 SHUMOO (*Small Hydrography Marine Boundary Boat*)

Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) adalah sebuah perahu kecil (*Remote Control*) yang terintegrasi dengan sistem teknologi penginderaan jauh, GPS dan Echo sounder, yang dibuat oleh mahasiswa penelitian dari Institut Teknologi Nasional Malang. SHUMOO dapat digunakan untuk memetakan permukaan kawasan perairan dangkal. Navigasinya terhubung dengan software HydroPro, dan hasil pengukuran disimpan dalam data (x, y, z) sebagai variabel untuk peta batimetri.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan permasalahan antara lain:

- a. Apakah SHUMOO (*Small Hydrographyc Marine Boundary Boat*) dapat bermanfaat bagi surveyor *hydrography* terkait dalam penelitian, pengukuran dan pemetaan batimetri?
- b. Bagaimana desain dan cara kerja dari SHUMOO (*Small Hydrographyc Marine Boundary Boat*)?

I.3 Tujuan dan manfaat penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mempermudah pekerjaan *hydrography* terkait pengukuran dan pemetaan di kawasan perairan dangkal.
- b. Mendesain *SHUMOO (Small Hydrographyc Marine Boundary Boat)* sebagai kapal boat tanpa awak yang berfungsi untuk pengukuran dan pemetaan perairan dangkal.

Manfaat dari hasil penelitian pembuatan *SHUMOO (Small Hydrography Marine Boundary Boat)* adalah :

- a. Dapat mempermudah dan mempercepat surveyor *hydrography* dalam proses pengukuran dan pemetaan di kawasan perairan dangkal
- b. Dapat mempermudah untuk mendapatkan informasi kedalaman perairan dangkal yang akan bermanfaat bagi masyarakat

I.4 Batasan Penelitian

Agar pembahasan penelitian ini tidak menyimpang dari apa yang telah dirumuskan, maka penulis merasa perlu untuk memberikan batasan-batasan dari penelitian ini, yaitu:

- a. Pembuatan *SHUMOO* masih menggunakan remote kontrol untuk mengontrol dan mengemudikan jalur / *manuver* kapal.
- b. *SHUMOO* dikhususkan untuk pemetaan perairan dangkal seperti danau, waduk dan sungai.

I.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disajikan dalam laporan tertulis yang penyusunannya dibagi menjadi lima bab. Berikut adalah uraian singkat dari kelima bab tersebut.

a. BAB I – PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

b. BAB II – DASAR TEORI

Bab ini menyajikan kajian teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini serta rumusan pengerjaan untuk menyelesaikan permasalahan.

c. BAB III – METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan penjelasan mengenai sistematika pekerjaan yang digunakan dalam penyelesaian masalah, serta dilengkapi dengan diagram alir proses pengerjaan.

d. BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN

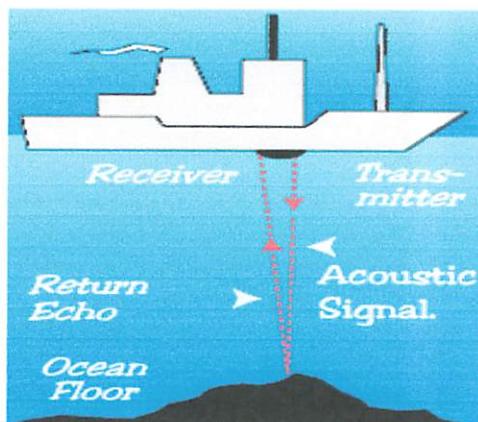
Bab ini berisikan penjelasan mengenai hasil pengukuran dan pemetaan dikawasan sungai anyar serta potensi khusus.

e. BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang didapat.

BAB II DASAR TEORI

Boat SHUMOO ini mampu mengukur kedalaman air dari 0.6 meter sampai 100 meter, dapat menentukan posisi kedalaman, dan dapat menyajikan peta bathymetri. Alat ini dilengkapi dengan sensor transduser, GPS, *Telemetry*, Raspberry Pi 3 dan Arduino.



Gambar 2.1 Teori *Transmitter* dan *Receiver* dari *transducer* (Poerbandono, 2005)

Hasil data kedalaman yang didapat akan di *transfer* melalui *telemetry* dengan frekuensi 512 Mhz dengan jarak tempuh lebih dari 400 meter, gelombang yang dikirim akan diterima dengan *receiver* yang berada didaratan sehingga dapat menampilkan data yang dikirim dari kapal uang berada dipada laptop dan hasil akhir dapat dijadikan sebuah peta. Sistem pengendali menggunakan Arduino Uno dan Raspberry Pi 3. Pada Bab 2 ini, akan membahas tentang pembahasan teori / *Literature reviews* yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

II.1 Pemetaan Perairan Dangkal

Peta merupakan sarana pokok yang harus dimiliki oleh setiap wilayah / daerah, atau dalam perusahaan instansi maupun swasta karena peta mampu memberikan suatu informasi posisi dan suatu bangunan. Peta adalah gambaran permukaan bumi pada bidang datar dengan skala tertentu melalui suatu sistem proyeksi. Peta bisa disajikan dalam berbagai cara yang berbeda, mulai dari peta konvensional yang tercetak hingga peta digital yang tampil di layar komputer. Istilah peta berasal dari bahasa Yunani *mappa* yang berarti taplak atau kain

penutup meja. Namun secara umum pengertian peta adalah lembaran seluruh atau sebagian permukaan bumi pada bidang datar yang diperkecil dengan menggunakan skala tertentu. Sebuah peta adalah representasi dua dimensi dari suatu ruang tiga dimensi. Ilmu yang mempelajari pembuatan peta disebut kartografi. Banyak peta mempunyai skala, yang menentukan seberapa besar objek pada peta dalam keadaan yang sebenarnya. Kumpulan dari beberapa peta disebut atlas (Jawak, 2015).

Dalam pemetaan terdapat berbagai cara untuk membuat sebuah peta yaitu pemetaan hydrography yaitu dengan mengukur dan mendapatkan data dilapangan (laut) sehingga dapat di proses untuk dijadikan sebuah peta hydrografi. Kegiatan ini disebut pengukuran hydrografi (Poerbandono, 2005).

IL.2 GPS

Dalam penelitian ini, teori GPS yang akan digunakan adalah menggunakan sistem DGPS dalam metode secara kinematik (*kinematic positioning*) supaya dapat menentukan posisi kapal dalam waktu yang sangat singkat (*real time*), sekaligus menentukan arah dan kecepatan kapal untuk melakukan *survey* (Poerbandono, 2005).



Gambar 2.2 Metode Real Time Kinematik (Poerbandono, 2005)

Penentuan posisi secara kinematik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan receiver GPS tidak dapat atau tidak punya kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut. Penentuan posisi kinematik ini dapat dilakukan secara absolut ataupun differensial dengan menggunakan data pseudorange

dan/atau fase. Hasil penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (*real time*) ataupun sesudah pengamatan (*post processing*). Untuk *real-time differential positioning* diperlukan komunikasi data antara stasiun referensi dengan receiver yang bergerak (Poerbandono, 2005).

Tergantung pada jenis data yang digunakan serta metode penentuan posisi yang digunakan, ketelitian posisi kinematik yang diberikan oleh GPS dapat berkisar dari tingkat: rendah (penentuan posisi absolute dengan pseudorange) sampai tingkat tinggi (Poerbandono, 2005). Dari segi aplikasinya, metode kinematik GPS ini akan bermanfaat untuk navigasi, pemantauan (*surveillance*) survey hidrografi dan lainnya.

GPS digunakan untuk mengontrol dan untuk menjalankan kapal sesuai koordinat yang sudah diprogram di Raspberry Pi 3 dan disambungkan ke GARMIN GPSMAP 585 sehingga kapal dapat berjalan sesuai jalur yg dibuat.



Gambar 2.3 GARMIN GPSMAP 585 (Giordano, 2015)

II.3 Echosounder

Echosounder adalah alat untuk mengukur kedalaman air dengan mengirimkan tekanan gelombang dari permukaan ke dasar air dan dicatat waktunya sampai echo kembali dari dasar air (Hassan dan Romano, 2012).

Adapun kegunaan dasar dari echosounder yaitu menentukan kedalaman suatu perairan dengan mengirimkan tekanan gelombang dari permukaan ke dasar air dan dicatat waktunya sampai echo kembali dari dasar air. Data tampilan juga dapat dikombinasikan dengan koordinat global berdasarkan sinyal dari satelit GPS yang ada dengan memasang antena GPS (jika fitur GPS pada echosounder ada).



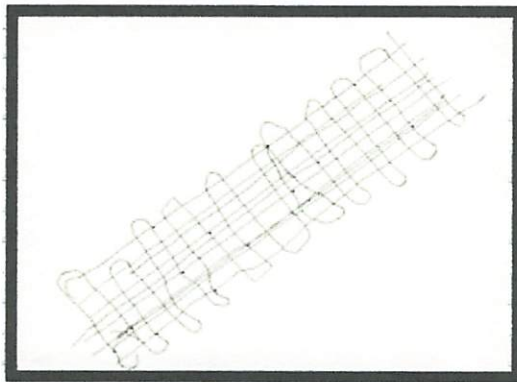
Gambar 2.4 Echosounder (Hassan dan Romano, 2012)

II.4 Jalur Sounding

Pemeruman atau sounding merupakan proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran atau bentuk topografi dasar perairan. Pemeruman atau sounding dilaksanakan pada wilayah perairan yang mempunyai kedalaman yang cukup untuk dilayari dengan kapal survey (Poerbandono, 2005).

Pada kegiatan pemeruman terdapat beberapa tahapan yang harus dilaksanakan antara lain:

1. Perencanaan jalur sounding
2. Penentuan titik-titik fix
3. Pelaksanaan sounding
4. Reduksi data ukuran



Gambar 2.5 Perencanaan jalur pemeruman (Poerbandono, 2005)

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan bagaimana kajian ini dilakukan mulai dari penjelasan bahan dan alat utama yang digunakan, lokasi dan waktu penelitian, diagram alir penelitian, dan rancangan desain.

III.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian adalah langkah awal dari proses pelaksanaan penelitian ini, alat – alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Lunak, antara lain:
 - a) Microsoft Office, terdiri dari Microsoft Word, Microsoft Excel yang digunakan dalam membantu mengolah data serta penulisan laporan penelitian.
 - b) HydroPro, perangkat lunak hidrografi yang dalam penelitian ini digunakan sebagai proses pengolahan data.
 - c) ArcGIS10, perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta.
2. Peralatan pengukuran lapangan yaitu:
 - a) SHUMOO dan sistem komponennya yang terdiri dari Garmin GPSMap 585, *Raspberry pi 3*, *Wifi*, dan *remote control*.

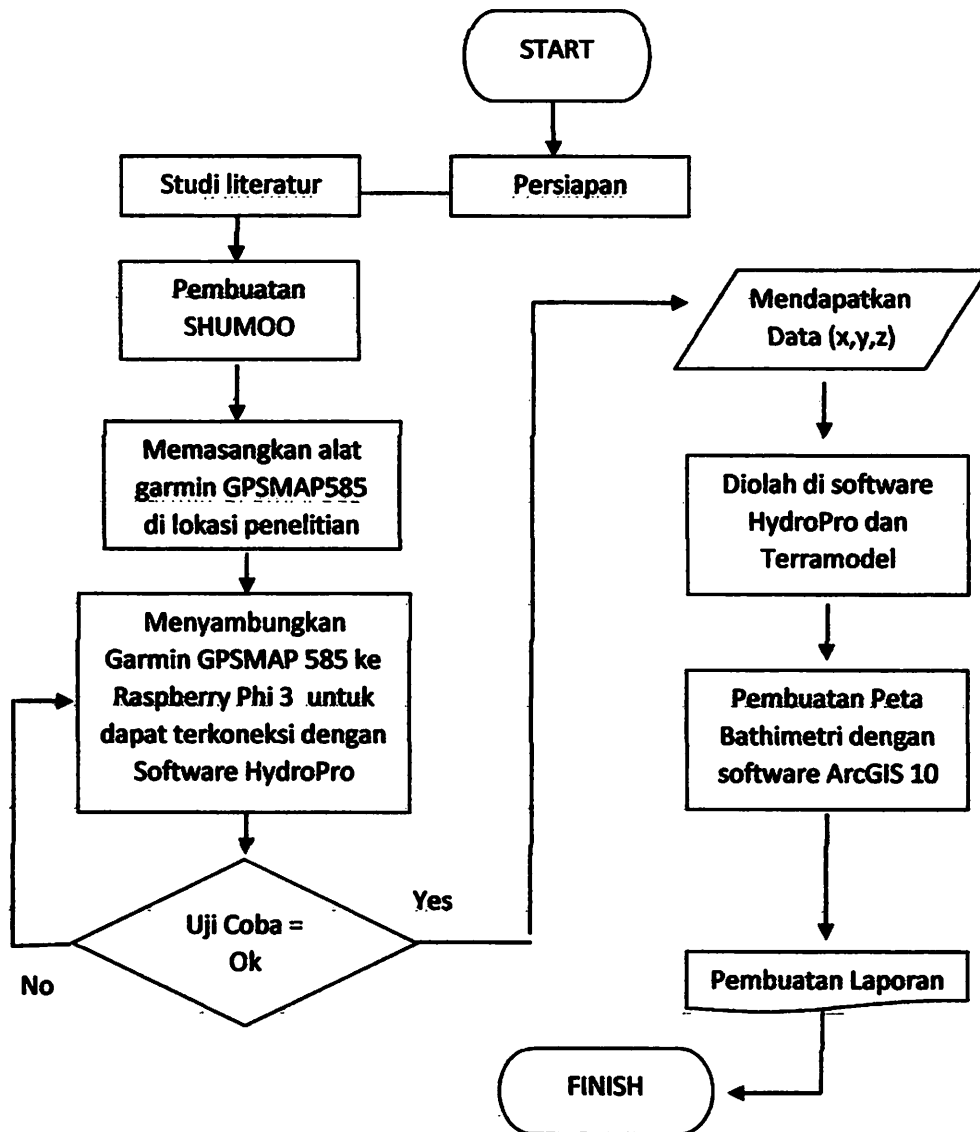
III.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipakai dalam penelitian kali ini adalah sungai (kali) Anyar Buring yang terletak di wilayah Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian di sungai Anyar Buring

III.3 Flowchart proses pembuatan SHUMOO dengan tahapan sebagai berikut :



Gambar 3.2. Diagram Alir Pelaksanaan

Adapun penjelasan dari diagram alir diatas adalah

III.3.1 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan studi teori dan pengetahuan yang berhubungan dengan GPS, Echosounder, pemetaan dan Jalur Sounding.

Studi literatur awal melalui internet dengan mengakses jurnal online maupun situs resmi yang dapat dipertanggungjawabkan kebenaran informasinya. Selanjutnya digunakan studi literatur melalui buku terkait Echosounder, pemetaan dan GPS. Agar informasi lebih akurat dilakukan

konsultasi dengan dosen hidrografi dan surveyor hidrografi. Belajar dari dosen dan surveyor secara langsung dapat memperdalam teori sekaligus mempraktikkan cara kerja GPS dan echosounder.

III.3.2 Pembuatan Alat

Dalam pembuatan SHUMOO menerapkan teori yang sudah dipelajari dari studi literatur. Pembuatan Alat ini memanfaatkan GPS, dan *Echosounder* untuk pemetaan dan pengukuran kedalaman perairan dan juga menggunakan Bahasa Pemrograman *C#*. Salah satu *compiler* yang digunakan adalah *Visual Studio 2015*.

III.3.3 Uji coba

Uji coba alat ini dimaksudkan untuk menghasilkan suatu data dari pengukuran kedalaman secara otomatis. Uji coba dilakukan di sungai Anyar Buring. Uji coba ini dilakukan berkali – kali sampai berhasil sehingga menghasilkan suatu data yang akan dijadikan peta batimetri.

III.3.4 Nilai Parameter

Setelah pengukuran dan mendapatkan data yang diolah di HydroPro sehingga mendapatkan parameter X, Y, Z yang akan diolah menggunakan *software ArcGIS version 10* untuk pembuatan Peta Batimetri.

III.3.5 Pembuatan Laporan

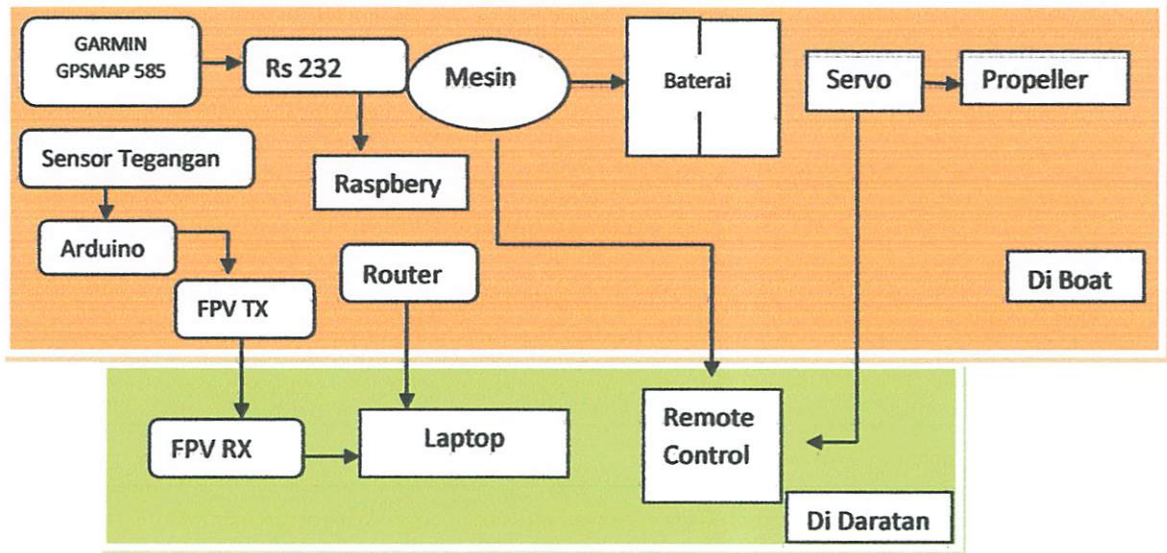
Pembuatan laporan dapat dilakukan setelah semua tahapan diatas terselesaikan. Laporan ini mencakup semua kegiatan pengukuran menggunakan SHUMOO sehingga dapat digunakan oleh peneliti selanjutnya.

III.4 Rancang Bangun dan Desain Sistem

Membuat sebuah boat survei (SHUMOO) yang dilengkapi dengan echosounder dan gps untuk pemetaan kawasan perairan dangkal adalah sebagai berikut:

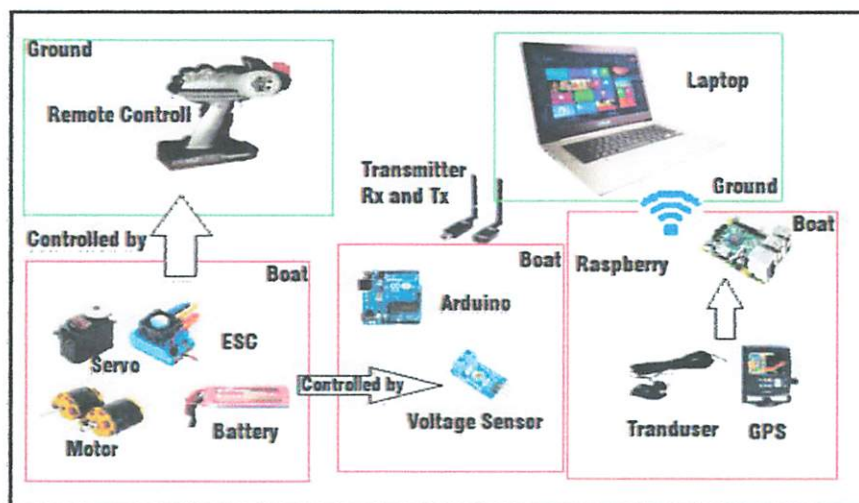
III.4.1 Rancang Bangun

Rancang bangun SHUMOO secara umum dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema instalasi Boat Survey

Sistem kerja SHUMOO adalah di daratan (*ground*) terdapat laptop dan *remote control* yang berfungsi untuk monitoring dan *manuver* SHUMOO sedangkan didalam SHUMOO terdapat *telemetry* dan *wifi* yg dapat mengirim data NMEA dari Garmin GPSMAP585 ke *Software HydroPro*. Dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sistem kerja SHUMOO

Setelah mengetahui skema maka rancangan tersebut dirakit sehingga mendapatkan hasil seperti Gambar 3.5



Gambar 3.5 Hasil instalasi Boat Survey

III.4.2 Desain Boat

Pada bagian bawah (*Hull*) SHUMOO di desain sesuai kondisi perairan dangkal dengan desain *shallowshelves* dapat dilihat di Gambar 3.6. *Hull* ini akan hancur jika terkena gelombang yang sangat besar dan arus yang sangat kuat sehingga SHUMOO tidak dapat digunakan untuk pengukuran di laut.



Gambar 3.6 *Shallowshelves hull*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

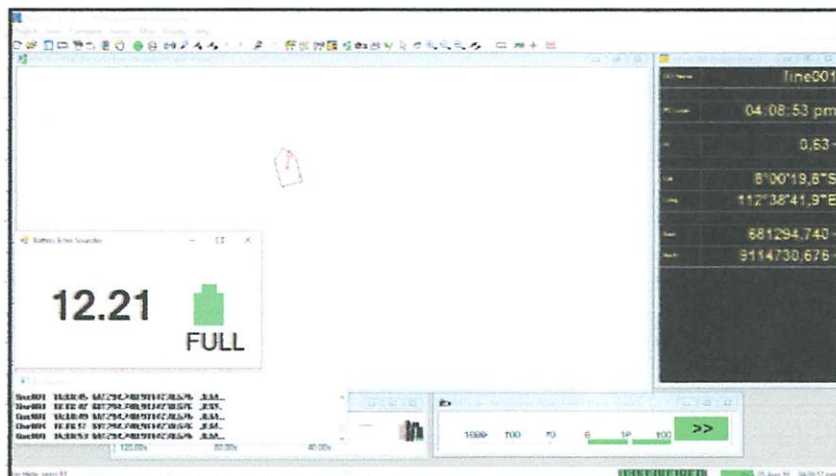
Pada penelitian ini diperoleh beberapa hasil penelitian yang meliputi Hasil Pemetaan SHUMOO, data Batimetri yang akan dipergunakan sebagai variabel untuk pembuatan Peta Batimetri dan kelemahan pada SHUMOO.

IV.1. Hasil Pemetaan SHUMOO

Hasil Pengujian jangkauan Boat SHUMOO hanya dapat ditempuh dengan jarak adalah ± 500 meter. Pengukuran ini menggunakan sistem gelombang *Wifi* sehingga pengukuran yang dapat dijangkau adalah ± 300 meter namun jika lebih dari jangkauannya maka software tersebut tidak dapat membaca posisi dan kedalaman suatu pengukuran (*loss signal*).

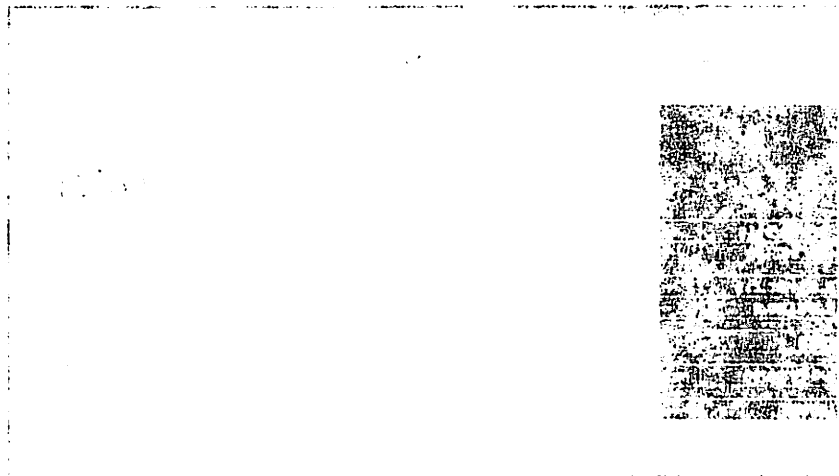
IV.2 Data Batimetri

Pada tanggal 5 Agustus 2016, survey dilakukan di sungai (kali) Anyar Buring, Malang. SHUMOO berhasil mendapatkan data dan transfer data secara *real time* ke *software* HydroPro. Navigasi dan menentukan posisi Kapal menggunakan GARMIN GPSMAP 585 fish finder. Untuk menyambungkan GARMIN GPSMAP 585 ke *software* Hydropro menggunakan Raspberry Pi 3. Fungsi dari Raspberry Pi 3 adalah untuk mengirimkan data pengukuran ke laptop dan navigasi kapal dapat terlihat di *software* Hydropro. (Gambar 4.1)



Gambar 4.1 Data pengukuran di *software* HydroPro

Figure 1. Comparison of the two different methods of data collection.



The first method of data collection is based on the use of a computer terminal. The second method is based on the use of a computer terminal and a large grid of data points. The first method is based on the use of a computer terminal. The second method is based on the use of a computer terminal and a large grid of data points. The first method is based on the use of a computer terminal. The second method is based on the use of a computer terminal and a large grid of data points.

The first method of data collection is based on the use of a computer terminal. The second method is based on the use of a computer terminal and a large grid of data points. The first method is based on the use of a computer terminal. The second method is based on the use of a computer terminal and a large grid of data points. The first method is based on the use of a computer terminal. The second method is based on the use of a computer terminal and a large grid of data points.

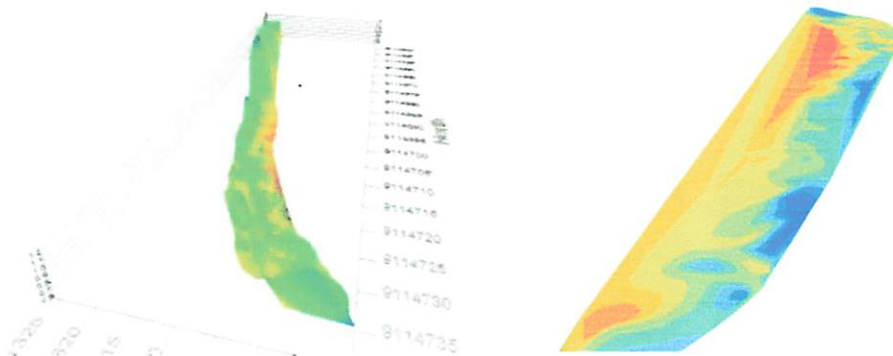
REFERENCES

Setelah data tersimpan di software Hydropro maka data tersebut dapat dibuat menjadi peta dengan ukuran A3 dengan skala 1:300 dimana 1 cm di peta sama dengan 3 meter di lapangan. Data yang didapatkan pada saat pengukuran dapat dilihat di Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data x, y, z di Kali Anyar

No.	X	Y	Z
46	681309,39	9114718,267	0,8
47	681309,21	9114719,19	0,91
48	681308,478	9114720,114	0,91
49	681308,478	9114720,114	0,9
50	681307,563	9114720,855	0,91
51	681307,015	9114721,779	0,94
52	681306,468	9114722,887	0,94
53	681305,921	9114723,995	0,9
54	681305,373	9114724,735	0,88
55	681305,373	9114724,735	0,89

Dari data tersebut dapat digunakan untuk simulasi dan visualisasi 3D. Pertama, visualisasi di *software* terramodel yang dapat dilihat di Gambar 4.2 (kiri) dan yang kedua, visualisasi menggunakan *Software* ArcGIS yang dapat dilihat di Gambar 4.2 (kanan). Data tersebut dapat digunakan untuk simulasi banjir, monitoring dan lainnya.



Gambar 4.2 Visualisasi Terramodel (Kiri) dan ArcGIS (Kanan)

IV.3 Kelebihan dan kelemahan pada SHUMOO

Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kelebihan dan kelemahan sebagai berikut:

IV.3.1 Kelebihan

Kelebihan pengukuran dan pemetaan Batimetri menggunakan SHUMOO (*Small Hydrography Marine Boundary Boat*) dengan pengukuran konvensional (Perahu Nelayan) adalah

1. Mempermudah pekerjaan surveyor karena tidak menghabiskan waktu pada saat pemasangan alat GPS dan Echosounder
2. Pengukuran dan pemetaan dapat dilakukan dengan menggunakan *Remote Control* sehingga surveyor dapat memantau jalur navigasi SHUMOO di darat (*ground*) melalui laptop yang terpasang software Batimetri seperti HydroPro
3. Pengeluaran lebih murah dari pengukuran konvensional dan keselamatan surveyor tetap terjaga (*safety*).

Kelebihan SHUMOO dengan RC Boat Survey yang sudah ada dan berlisensi seperti *Z-Boat1800 made in Europe*, *HyDrone Seafloor made in USA* dan *GEOMAR made in Indonesia* adalah dimensinya lebih kecil (*Small Boat*), lebih murah (*Low Cost*) dan mudah dibawa (*Mobility*).

IV.3.2 Kelemahan

Kekurangan SHUMOO adalah pengukuran dan pemetaan tidak dapat dilakukan di laut tetapi hanya dapat dilakukan di perairan dangkal seperti danau, waduk dan sungai. Akurasi masih belum presisi sehingga diperlukan untuk memperbaiki (*upgrade*). Jika dibandingkan dengan Boat Survey yang sudah berlisensi adalah SHUMOO memiliki jarak tempuh ± 500 meter dari Remote Control dan radius wifinya ± 300 meter yang dapat terkoneksi dengan Laptop tanpa halangan dibandingkan dengan Boat Survey Lisensi memiliki jarak tempuh ± 5 km dari Remote Control dan menggunakan gelombang radio dengan radius ± 3 km. SHUMOO masih menggunakan Remote Control dibandingkan Boat Survey Lisensi yang sudah Autonomous dengan menggunakan sistem Waypoint dan sistem Sensor.

BAB V

PENUTUP

V.1 KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. SHUMOO (*Small Hydrography Marine Boundary Boat*) adalah sebuah *Remote control* boat survey dikhususkan untuk *Mapping* (Pemetaan) yang dilengkapi dengan GPS dan Echosounder, serta menggunakan sistem *telemetry* yaitu sistem tersebut mentransfer data ke laptop yang berada di darat. SHUMOO dengan desain *Shallowshelves* sangat bermanfaat bagi surveyor karena memudahkan pekerjaan hidrografi khususnya di perairan dangkal.
2. Navigasi di SHUMOO terkoneksi dengan *software* HydroPro sehingga mendapatkan hasil pengukuran berupa data (x,y,z) sebagai variabel untuk pembuatan peta batimetri dan dapat men-simulasikan atau visualisasikan data 3D menggunakan *software* terramodel.
3. Kelebihan pada SHUMOO adalah mudah digunakan oleh surveyor (*User Friendly*), dimensinya lebih kecil (*Small Boat*), lebih murah (*Low Cost*) dan mudah dibawa (*Mobility*). Namun, terdapat juga beberapa kelemahan pada SHUMOO yaitu akurasi GPS masih belum presisi, jarak tempuh dan radius wifinya kurang jauh, dan masih menggunakan sistem *remote control* untuk *manuver* boat tersebut.

V.2 SARAN

Penulis menyarankan kepada peneliti selanjutnya dapat mengembangkan SHUMOO dengan memperbarui GPS, Echosounder, dan Teknologi terbaru sehingga pengukuran menggunakan SHUMOO lebih presisi. Navigasi SHUMOO dapat di *upgrade* dari menggunakan *remote control* menjadi *autonomous* dan *sensing way*. Peneliti juga dapat menggunakan laporan akhir (Skripsi) dan jurnal yang membahas tentang SHUMOO sebagai referensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertram, V. Unmanned Surface Vehicles—A Survey. Available online: http://www.skibstekniskelskab.dk/public/dokumenter/Skibsteknisk/Download%20materiale/2008/10%20marts%2008/USVsurvey_DTU.pdf (accessed on 24 December 2015).
- Boehm, B., Hansen, W. J. Spiral Development: Experience, Principles, and Refinements; (No.CMU/SEI-2000-SR-008); Software Engineering Institute: Pittsburgh, PA, USA, 2000; pp. 1–35.
- Caccia, M.; Bibuli, M.; Bono, R.; Bruzzone, G.; Bruzzone, G.; Spirandelli, E. Unmanned surface vehicle for coastal and protected waters applications: The Charlie project. *Mar. Technol. Soc. J.* 2007, 41, 62–71.
- Giordano, F.; Mattei, G.; Parente, C.; Peluso, F.; Santamaria, R. MicroVeGA (micro vessel for geodetics application): A marine drone for the acquisition of bathymetric data for GIS applications. *ISPRS Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2015, 1, 123–130.
- Giordano, F.; Mattei, G.; Parente, C.; Peluso, F.; Santamaria, R., Integrating Sensors into a Marine Drone for Bathymetric 3D Surveys in Shallow Waters. *Sensors* 2016, 16, 41; doi: 10.3390/s16010041.
- Hassan, S.R.; Zakaria, M.; Arshad, M.R.; Aziz, Z.A. Evaluation of Propulsion System Used in URRG-Autonomous Surface Vessel (ASV). *Procedia Eng.* 2012, 41, 607–613.
- Jawak, S.D.; Vadlamani, S.S.; Luis, A.J. A Synoptic Review on Deriving Bathymetri Information Using Remote Sensing Technologies: Models, Methods and Comparisons. *Adv. Remote Sens.* 2015, 4, 147–162.
- Mitas, L.; Mitasova, H. Spatial interpolation. *Geographical information systems: Principles, techniques. Manag. Appl.* 1999, 1, 481–492.
- Poerbandono. 2005. *Survey Hydrography*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Romano, A.; Duranti, P. Autonomous Unmanned Surface Vessels for Hydrographic Measurement and Environmental Monitoring. In *Proceedings of the FIG Working Week 2012, Knowing to Manage the Territory, Protect the*

Environment, Evaluate the Cultural Heritage, Rome, Italy, 6–10 May 2012; pp. 1–15.

Setiawan, H.; Rachman, MD.; Yara, GD.; Aprillisianti, A.; Amanda, S. 2014. Teknologi Wireless Automatic Nahkoda for Ship. Program Kreativitas Mahasiswa – Karsa Cipta

Zhao, J.; Yan, W.; Jin, X. Brief review of autonomous surface crafts. ICIC Expr. Lett. 2011, 5, 4381–4386.

Lampiran data posisi (X,Y) dan kedalaman (Z)

No.	X	Y	Z
1	681297,883	9114735,64	0,8
2	681304,612	9114718,287	0,8
3	681305,529	9114717,73	0,8
4	681306,445	9114717,173	0,8
5	681307,362	9114716,617	0,8
6	681308,093	9114715,692	0,8
7	681309,007	9114714,582	0,8
8	681310,291	9114713,84	0,8
9	681311,394	9114714,204	0,8
10	681310,474	9114713,839	0,8
11	681309,92	9114713,104	0,8
12	681309,545	9114711,262	0,8
13	681309,722	9114709,418	0,8
14	681309,716	9114707,944	0,8
15	681309,894	9114706,653	0,8
16	681310,808	9114705,359	0,8
17	681309,193	9114714,95	0,8
18	681308,461	9114715,875	0,8
19	681308,466	9114716,981	0,8
20	681308,102	9114717,904	0,8
21	681307,922	9114718,826	0,8
22	681307,374	9114719,566	0,8
23	681307,01	9114720,489	0,8
24	681306,83	9114721,411	0,8
25	681306,282	9114722,151	0,8
26	681305,734	9114723,075	0,8
27	681304,271	9114724,739	0,8
28	681305,009	9114725,474	0,8
29	681305,197	9114726,579	0,8
30	681305,015	9114726,948	0,8
31	681304,834	9114727,871	0,8
32	681304,471	9114728,794	0,8
33	681304,107	9114729,717	0,8
34	681303,742	9114730,456	0,8
35	681303,561	9114731,009	0,8
36	681303,013	9114731,749	0,8
37	681302,464	9114732,488	0,8
38	681301,732	9114733,044	0,8

No.	X	Y	Z
39	681300,441	9114731,944	0,8
40	681299,511	9114728,998	0,8
41	681299,862	9114724,941	0,8
42	681301,132	9114720,881	0,8
43	681303,509	9114718,107	0,8
44	681306,259	9114716,621	0,8
45	681308,649	9114716,98	0,8
46	681309,39	9114718,267	0,8
47	681309,21	9114719,19	0,91
48	681308,478	9114720,114	0,91
49	681308,478	9114720,114	0,9
50	681307,563	9114720,855	0,91
51	681307,015	9114721,779	0,94
52	681306,468	9114722,887	0,94
53	681305,921	9114723,995	0,9
54	681305,373	9114724,735	0,88
55	681305,373	9114724,735	0,89
56	681305,009	9114725,474	0,89
57	681304,645	9114726,397	0,88
58	681304,645	9114726,397	0,9
59	681304,282	9114727,504	0,9
60	681304,102	9114728,427	0,9
61	681303,738	9114729,35	0,87
62	681303,19	9114730,274	0,87
63	681302,641	9114730,644	0,87
64	681302,092	9114731,384	0,89
65	681301,728	9114732,123	0,87
66	681301,729	9114732,491	0,86
67	681301,364	9114733,046	0,84
68	681300,445	9114732,865	0,83
69	681299,155	9114731,949	0,84
70	681299,155	9114731,949	0,82
71	681298,41	9114729,555	0,86
72	681298,764	9114726,052	0,86
73	681300,771	9114722,541	0,86
74	681303,515	9114719,581	0,75
75	681305,708	9114716,623	0,86
76	681306,247	9114713,487	0,84
77	681307,153	9114710,35	0,75
78	681308,428	9114707,58	0,65

No.	X	Y	Z
80	681313,016	9114706,272	1,01
81	681313,571	9114707,191	0,95
82	681313,025	9114708,483	0,97
83	681312,295	9114709,777	0,99
84	681311,565	9114710,886	0,94
85	681310,834	9114711,81	0,96
86	681310,285	9114712,55	0,95
87	681309,92	9114713,104	0,98
88	681309,556	9114713,843	0,96
89	681309,193	9114714,95	0,99
90	681308,828	9114715,689	0,98
91	681308,28	9114716,429	0,94
92	681307,732	9114717,168	0,94
93	681307,368	9114718,091	0,89
94	681306,819	9114718,646	0,93
95	681306,636	9114719,016	0,93
96	681306,088	9114719,755	0,94
97	681305,724	9114720,494	0,9
98	681305,359	9114721,233	0,93
99	681305,177	9114721,602	0,93
100	681304,812	9114722,341	0,93
101	681304,449	9114723,264	0,91
102	681303,9	9114723,819	0,9
103	681303,167	9114724,375	0,88
104	681302,8	9114724,561	0,86
105	681304,089	9114725,293	0,9
106	681306,293	9114725,1	0,88
107	681308,492	9114723,617	0,89
108	681310,685	9114720,474	0,86
109	681311,404	9114716,6	0,84
110	681311,94	9114712,912	0,87
111	681312,844	9114709,037	0,93
112	681313,197	9114705,533	0,93
113	681313,918	9114702,028	0,97
114	681314,823	9114698,522	0,96
115	681315,728	9114695,201	1,13
116	681315,714	9114691,699	0,96
117	681314,418	9114689,308	1
118	681312,761	9114688,393	0,93
119	681311,477	9114688,951	0,84

No.	X	Y	Z
121	681309,835	9114691,722	0,79
122	681309,289	9114693,199	0,7
123	681308,927	9114694,491	0,8
124	681308,566	9114696,151	0,74
125	681308,389	9114697,811	0,7
126	681308,21	9114698,918	0,73
127	681307,847	9114700,209	0,71
128	681307,853	9114701,5	0,69
129	681307,858	9114702,79	0,7
130	681307,862	9114703,896	0,74
131	681307,315	9114705,004	0,78
132	681306,952	9114706,111	0,74
133	681306,591	9114707,588	0,75
134	681306,596	9114708,878	0,76
135	681306,784	9114709,983	0,77
136	681306,604	9114710,905	0,87
137	681306,242	9114712,197	0,76
138	681305,879	9114713,305	0,74
139	681305,331	9114714,228	0,77
140	681304,967	9114715,151	0,86
141	681304,604	9114716,259	0,78
142	681304,609	9114717,365	0,78
143	681304,429	9114718,472	0,86
144	681303,881	9114719,211	0,87
145	681303,334	9114720,135	0,84
146	681302,785	9114720,874	0,86
147	681302,238	9114721,798	0,82
148	681302,238	9114721,798	0,81
149	681301,69	9114722,722	0,81
150	681301,327	9114723,83	0,78
151	681300,963	9114724,568	0,81
152	681300,597	9114725,123	0,87
153	681299,868	9114726,6	0,84
154	681299,688	9114727,338	0,87
155	681299,689	9114727,707	0,89
156	681299,69	9114727,891	0,9
157	681299,141	9114728,446	0,91
158	681298,962	9114729,553	0,86
159	681298,78	9114730,107	0,84
160	681298,597	9114730,292	0,89

No.	X	Y	Z
162	681298,05	9114731,4	0,9
163	681297,319	9114732,325	1,02
164	681296,77	9114732,88	0,98
165	681298,244	9114733,98	0,95
166	681301	9114733,785	0,96
167	681304,116	9114731,929	0,8
168	681305,761	9114729,895	0,86
169	681306,67	9114727,31	0,88
170	681307,578	9114724,726	0,9
171	681308,855	9114722,325	0,89
172	681310,131	9114719,923	0,9
173	681310,859	9114718,077	0,86
174	681311,586	9114716,231	0,9
175	681311,763	9114714,387	0,9
176	681311,939	9114712,543	0,89
177	681312,118	9114711,252	0,99
178	681311,927	9114709,594	0,97
179	681311,919	9114707,566	0,96
180	681311,727	9114705,539	0,96
181	681311,903	9114703,511	0,96
182	681312,447	9114701,85	0,96
183	681312,625	9114700,19	0,98
184	681312,8	9114698,162	0,98
185	681312,791	9114695,95	0,99
186	681313,332	9114693,367	0,89
187	681313,875	9114691,337	0,93
188	681314,601	9114689,123	0,89
189	681315,146	9114687,461	1,01
190	681315,691	9114685,8	0,93
191	681315,868	9114684,141	0,96
192	681316,043	9114682,112	0,95
193	681316,772	9114680,635	0,93
194	681317,317	9114678,974	0,93
195	681317,678	9114677,498	0,95
196	681317,856	9114675,838	0,93
197	681318,4	9114674,177	0,91
198	681319,311	9114672,145	0,92
199	681319,495	9114672,329	0,96
200	681320,594	9114671,403	0,89
201	681322,607	9114669,367	0,95

No.	X	Y	Z
203	681321,484	9114664,211	1,05
204	681322,403	9114664,207	1,12
205	681324,047	9114661,988	1,12
206	681322,943	9114661,44	1,07
207	681323,847	9114657,934	1,07
208	681324,576	9114656,456	1,11
209	681325,668	9114653,871	1,01
210	681322,175	9114653,148	1,05
211	681325,657	9114651,107	1,07
212	681325,464	9114648,711	0,99
213	681325,824	9114646,866	0,97
214	681325,635	9114645,392	1
215	681324,894	9114644,105	1,01
216	681324,886	9114642,077	1,04
217	681321,755	9114640,247	1,04
218	681322,132	9114642,457	0,94
219	681321,592	9114645,224	0,92
220	681321,779	9114646,145	0,89
221	681320,849	9114643,2	0,76
222	681321,046	9114646,517	0,73
223	681318,481	9114648,37	0,83
224	681318,861	9114651,502	0,84
225	681322,355	9114652,226	0,88
226	681326,028	9114651,842	0,87
227	681324,748	9114653,322	0,88
228	681325,303	9114654,426	0,81
229	681321,634	9114655,731	0,88
230	681322,191	9114657,388	0,82
231	681322,566	9114659,229	0,86
232	681322,754	9114660,335	0,93
233	681321,653	9114660,523	0,97
234	681320,739	9114661,817	0,89
235	681320,377	9114663,109	0,87
236	681320,201	9114664,953	0,8
237	681319,839	9114666,429	0,88
238	681318,189	9114667,357	0,89
239	681316,907	9114668,468	0,87
240	681315,446	9114670,502	0,76
241	681314,714	9114671,242	0,88
242	681314,349	9114671,981	0,81

No.	X	Y	Z
244	681314,726	9114674,376	0,8
245	681315,649	9114675,294	0,85
246	681316,017	9114675,661	0,93
247	681316,572	9114676,396	0,94
248	681316,943	9114677,316	0,95
249	681316,762	9114678,054	0,97
250	681316,765	9114678,791	0,95
251	681316,766	9114679,16	0,91
252	681316,768	9114679,529	0,89
253	681316,769	9114679,897	0,95
254	681316,771	9114680,266	0,91
255	681316,407	9114681,189	0,92
256	681316,041	9114681,559	0,95
257	681315,31	9114682,484	0,95
258	681315,13	9114683,591	0,94
259	681315,133	9114684,144	0,95
260	681314,587	9114685,62	0,97
261	681313,672	9114686,546	0,97
262	681313,309	9114687,653	0,9
263	681312,946	9114688,576	0,88
264	681312,766	9114689,499	0,85
265	681312,586	9114690,605	0,81
266	681312,407	9114691,712	0,8
267	681312,412	9114693,002	0,82
268	681311,865	9114693,926	0,8
269	681311,87	9114695,216	0,86
270	681311,873	9114696,138	0,87
271	681311,695	9114697,429	0,84
272	681312,067	9114698,533	0,83
273	681312,07	9114699,455	0,89
274	681311,707	9114700,378	0,84
275	681311,342	9114701,117	0,88
276	681310,978	9114702,04	0,79
277	681310,247	9114702,965	0,75
278	681309,7	9114704,073	0,83
279	681309,338	9114705,365	0,84
280	681309,159	9114706,471	0,82
281	681308,795	9114707,394	0,85
282	681308,248	9114708,503	0,87
283	681308,252	9114709,608	0,87

No.	X	Y	Z
285	681308,995	9114711,449	0,9
286	681309,181	9114712,185	0,95
287	681309,37	9114713,291	0,98
288	681309,005	9114714,029	0,98
289	681308,272	9114714,585	0,94
290	681307,908	9114715,324	0,94
291	681307,36	9114716,064	0,98
292	681306,995	9114716,802	0,92
293	681306,817	9114718,093	0,89
294	681306,821	9114719,199	0,89
295	681306,641	9114720,122	0,89
296	681306,091	9114720,493	0,94
297	681305,542	9114721,048	0,94
298	681304,809	9114721,604	0,91
299	681304,628	9114722,157	0,9
300	681304,264	9114723,08	0,92
301	681304,266	9114723,449	0,9
302	681303,716	9114723,82	0,86
303	681303,351	9114724,559	0,83
304	681302,619	9114725,299	0,9
305	681302,253	9114725,669	0,89
306	681302,071	9114726,038	0,88
307	681301,706	9114726,593	0,89
308	681301,524	9114726,962	0,85
309	681301,526	9114727,515	0,9
310	681302,081	9114728,435	0,89
311	681302,085	9114729,541	0,86
312	681301,905	9114730,463	0,84
313	681301,909	9114731,385	0,87
314	681301,911	9114731,938	0,84
315	681301,358	9114731,571	0,83
316	681300,248	9114729,548	0,78
317	681301,152	9114726,042	0,85
318	681303,531	9114723,636	0,78
319	681306,101	9114723,073	0,9
320	681306,839	9114723,623	0,88
321	681307,025	9114724,36	0,9
322	681305,744	9114725,471	0,92
323	681305,931	9114726,392	0,88
324	681305,932	9114726,576	0,9

No.	X	Y	Z
326	681304,647	9114726,95	0,9
327	681304,837	9114728,608	0,9
328	681305,023	9114729,16	0,91
329	681304,291	9114729,716	0,91
330	681303,004	9114729,537	0,9
331	681301,715	9114728,805	0,87
332	681301,163	9114728,623	0,83
333	681301,716	9114729,174	0,84
334	681302,456	9114730,277	0,85
335	681303,378	9114731,194	0,88
336	681302,456	9114730,277	0,89
337	681301,169	9114730,097	0,87
338	681301,721	9114730,464	0,86
339	681302,824	9114730,644	0,87
340	681303,193	9114730,827	0,9
341	681302,639	9114730,276	0,9
342	681301,534	9114729,543	0,86
343	681300,983	9114729,545	0,85
344	681301,721	9114730,464	0,84
345	681301,908	9114731,2	0,86
346	681301,169	9114730,097	0,89
347	681300,249	9114729,917	0,85
348	681299,515	9114730,104	0,87
349	681298,413	9114730,293	0,86
350	681298,046	9114730,294	0,88
351	681298,232	9114730,846	0,88
352	681298,601	9114731,398	0,85
353	681298,418	9114731,583	0,81
354	681298,052	9114731,769	0,89
355	681297,685	9114731,955	0,96
356	681297,686	9114732,323	0,98
357	681297,872	9114732,875	1
358	681297,69	9114733,245	0,9
359	681296,954	9114733,063	0,98
360	681295,844	9114731,04	0,94
361	681296,383	9114728,089	0,96
362	681298,578	9114725,499	0,83
363	681301,141	9114723,277	0,86
364	681303,897	9114723,082	0,86
365	681305,002	9114723,815	0,88

No.	X	Y	Z
367	681303,904	9114724,925	0,89
368	681302,804	9114725,483	0,93
369	681301,701	9114725,487	0,91
370	681301,334	9114725,488	0,89
371	681300,967	9114725,674	0,77
372	681301,336	9114726,041	0,66
373	681303,726	9114726,401	0,87
374	681306,481	9114726,205	0,89
375	681308,86	9114723,799	0,91
376	681310,135	9114720,845	0,86
377	681310,855	9114717,156	0,88
378	681311,94	9114712,912	0,88
379	681311,929	9114709,962	0,95
380	681302,78	9114719,584	0,92
381	681302,231	9114720,139	0,82
382	681302,049	9114720,509	0,82
383	681301,5	9114721,064	0,91
384	681301,318	9114721,618	0,91
385	681299,317	9114726,418	0,91
386	681299,504	9114727,339	0,9
387	681298,587	9114727,711	0,91
388	681298,219	9114727,713	0,89
389	681297,486	9114728,084	0,98
390	681296,937	9114728,64	0,91
391	681295,837	9114729,381	0,89
392	681294,74	9114730,676	0,85
393	681292,722	9114731,421	0,83
394	681291,988	9114731,793	0,83
395	681291,078	9114733,824	0,91
396	681290,719	9114735,853	0,9
397	681291,275	9114737,141	1,06
398	681291,275	9114737,141	1,1
399	681289,996	9114738,99	1,12
400	681301,353	9114730,281	0,82
401	681303,732	9114727,875	0,87
402	681305,006	9114724,921	0,89
403	681304,445	9114722,342	0,89
404	681303,703	9114720,502	0,88
405	681302,414	9114719,954	0,88
406	681301,863	9114719,956	0,91

No.	X	Y	Z
408	681300,763	9114720,514	0,69
409	681300,584	9114721,805	0,67
410	681300,589	9114722,911	0,78
411	681300,041	9114723,835	0,86
412	681299,493	9114724,574	0,83
413	681299,494	9114724,943	0,88
414	681299,68	9114725,311	0,87
415	681300,969	9114726,043	0,87
416	681301,155	9114726,779	0,89
417	681300,42	9114726,598	0,88
418	681299,868	9114726,416	0,91
419	681300,237	9114726,783	0,91
420	681301,343	9114727,7	0,88
421	681301,528	9114728,068	0,88
422	681300,976	9114727,886	0,89
423	681300,057	9114727,89	0,89
424	681300,06	9114728,443	0,91
425	681298,407	9114728,634	0,98
426	681296,021	9114729,381	0,89
427	681295,103	9114729,569	0,89
428	681294,921	9114729,938	0,82
429	681294,74	9114730,676	0,82
430	681294,558	9114731,045	0,86
431	681295,482	9114732,332	1,08
432	681297,141	9114733,8	1,08
433	681297,327	9114734,352	1,05
434	681297,883	9114735,64	0,8

Lampiran Brosur SHUMOO





Our Research and Product

Penelitian dan Produk kita

SHUMOO

“Your Solutions in Shallow Water Area”

Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) is a small boat integrated with a systems of remote sensing technology, GPS and echosounder. SHUMOO can be used for mapping the surface of shallow water bottom. Boat navigation is connected with HydroPro software, and the results of measurement are stored in (x, y, z) data as the variables for bathymetric map.

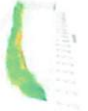
Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) adalah sebuah boat kecil yang dilengkapi dengan teknologi remote sensing, GPS, dan Echosounder. SHUMOO dapat digunakan untuk mengukur dan memetakan kawasan perairan dangkal. Navigasi nya terhubung dengan software Hydro-Pro, dan hasil dari pengukuran dan pemetaan mendapatkan data (x,y,z) sebagai variable untuk pembuatan peta bathimetri perairan dangkal.

SHUMOO is a Remotely Operated Vehicles (ROVs) conceived and built to operate in shallow waters area (0.5 m – 100 m). It is driven by non-polluting electric motor.

Characteristics	Measure
Overall Length	130 cm
Width	35 cm
Weight	15 kg
Motor	Brushless 150 kW
Power	4 h

SHUMOO disebut sebagai kendaraan yang dioperasikan oleh remote kontrol (ROVs), dan dioperasikan khusus perairan dangkal (0.5 m - 100 m). SHUMOO menggunakan motor elektrik bebas polusi.

Karakter	Ukuran/Jenis	Lebih Aman Lebih Murah Rendah Risiko Kesalahan Teknologi Remote Sensing Terhubung WiFi Magnet Bauran Pengukuran Malam Pengukuran Perairan Dangkal
Panjang	130 cm	
Lebar	35 cm	
Berat	15 kg	
Motor	Brushless 150 kW	
Tenaga	4 h	




Lampiran Spesifikasi SHUMOO



Spesifikasi Physical & Performance:

<i>Hull Length</i>	<i>115 cm</i>
<i>Hull Width</i>	<i>35 cm</i>
<i>Weight of Base Boat</i>	<i>30 kg</i>
<i>Hull Material</i>	<i>Fiberglass</i>
<i>Motor: SHUMOO</i>	<i>Outrunner 750KV</i>
<i>Typical Survey Speed</i>	<i>3-4 kts (1.5 – 2.0 m/s)</i>
<i>Battery Pack</i>	<i>LPB Nano 5200 mah 3s 45c</i>

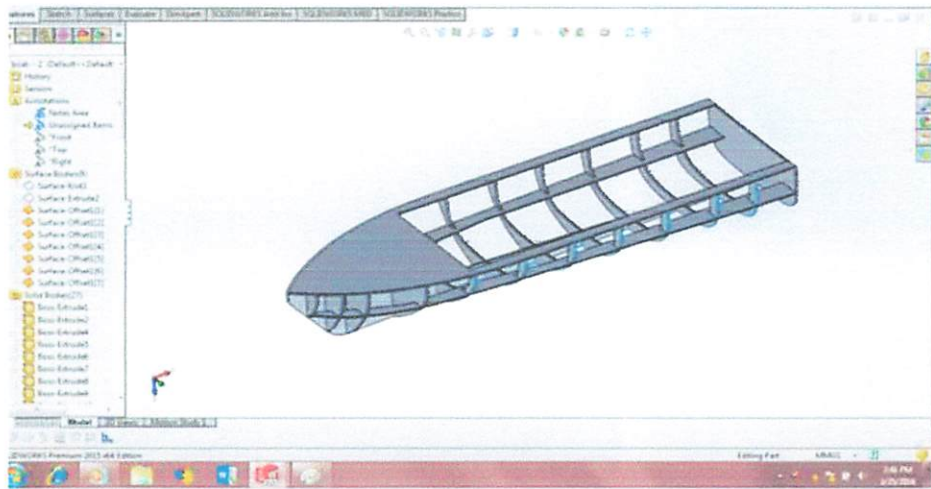
Spesifikasi Remote:

<i>Navigation Remote Control Unit</i>	<i>ACE RC COUGAR</i>
<i>Navigation Remote Control Unit Frequency</i>	<i>2.4GHz IFHSS</i>
<i>Navigation Remote Control</i>	<i>500m</i>
<i>Data Telemetry Unit</i>	<i>FPV Radio Telemetry</i>
<i>Data Telemetry Range</i>	<i>600m</i>

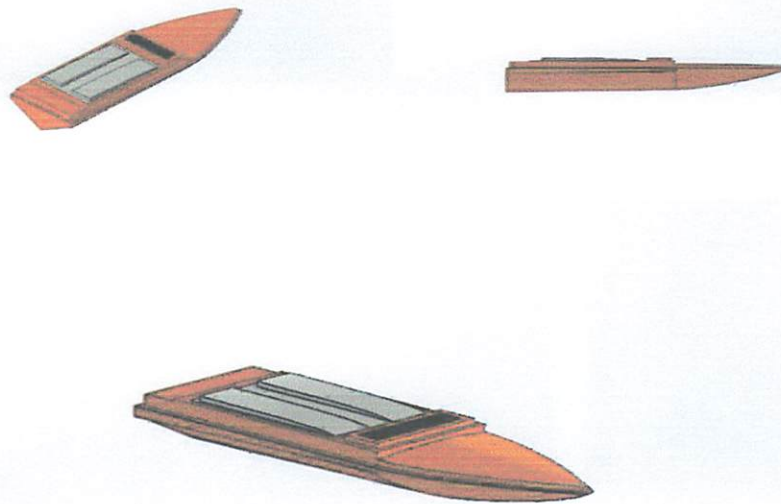
Spesifikasi Sonar:

<i>GPS Unit</i>	<i>GARMIN GPSMAP 585</i>
<i>Transducer</i>	<i>Singlebeam</i>
<i>Software</i>	<i>HydroPro, or "SHUMOO Control" Package.</i>
<i>Maximum depth*:</i>	<i>100 m</i>
<i>*Depth capacity is dependent on water salinity, bottom type, and other water conditions.</i>	

Lampiran Pembuatan SHUMOO



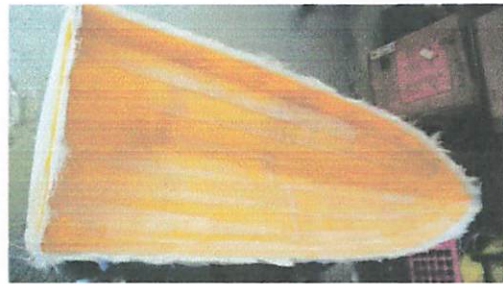
Design *Shallowshelves* di *software solid*



Design SHUMOO di *software solid*

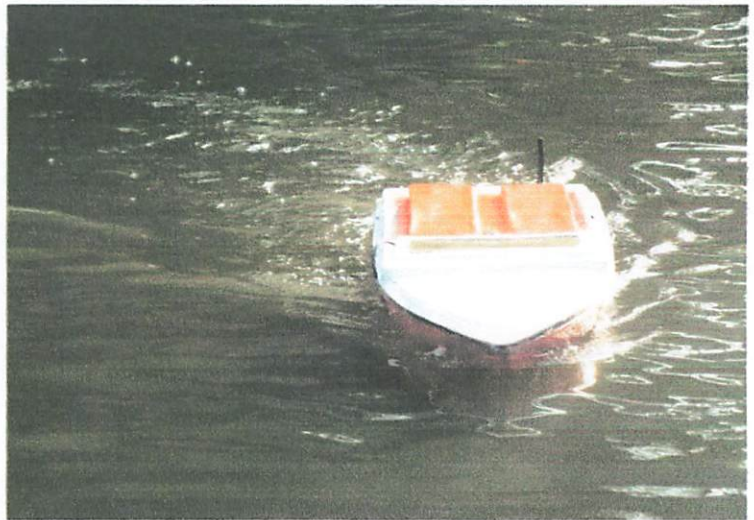
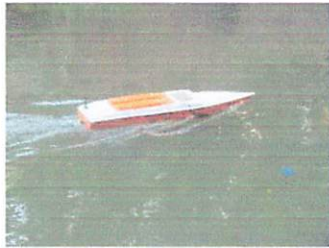


Pembuatan *Mold* SHUMOO dengan Kayu Balsa



Pembuatan dengan Fiber, pemasangan Microcontroller dan alat Survey

Lampiran Pengukuran di sungai Anyar Buring



THE SMALL HYDROGRAPHY MARINE BOUNDARY BOAT (SHUMOO) FOR BATHYMETRIC 3D SURVEYS IN SHALLOW WATERS (Study Case : Buring Anyar Rivers, Malang, Indonesia)

Ketut Tomy Suhari^{*)}, and Hery Purwanto

Department of Geodesy Engineering, Faculty of Sipil Engineering and Planning - bandol_haryono@yahoo.com

National Institute of Technology Malang, 651151, Malang, East Java, Indonesia

^{*)}Author to whom correspondence should be addressed; Email: ketut.tomy.suhari@gmail.com; Telp.: +62-812-3682-8055

KEY WORDS: SHUMOO, HydroPro, Shallow Water, Real Time Mapping System.

ABSTRACT

The aim of this paper is to presents SHUMOO (Small Hydrography Marine Boundary Boat) a new technology for bathymetry survey in shallow area such as bathymetry surveying lakes, reservoirs, rivers, etc. Bathymetry charts in shallow water area is difficult to produce since the present available tools only for the deep water such as in ocean. Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) is a small boat integrated with a systems of remote sensing technology, GPS and echo sounder, created by research students of National Institute of Technology (ITN), Malang. Boat navigation is connected with HydroPro software, and the results of measurement are stored in (x, y, z) data as the variables for bathymetric map within accuracy 5-7 meter.

1. INTRODUCTION

Bathymetry measurements and mapping technology are greatly needed for several research areas. Bathymetric information is base in all branches of marine surveys. It can be supplied by maps that indicate the water body depth as a function of position (latitude and longitude), similar to topographic maps representing the altitude of the Earth's surface at different geographic coordinates[1].

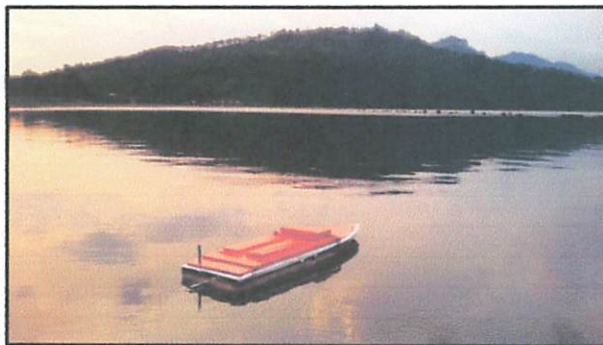


Figure 1. SHUMOO on the Selorejo lakes. The first test to broadcast the depth and position data.

The map can be used in many aspects such as, monitoring of reservoirs, engineering, and planning. For instance, Indonesia as an archipelago, the bathymetry mapping technology is important since the most of the country area is covered by water. Moreover, mapping process can be used for concerning of planning management and sustainability of water from natural resources. Bathymetry maps in shallow water area is difficult to obtain since the present available tools only for the deep water such as in ocean. Through this paper, SHUMOO (Small Hydrography Marine Boundary Boat) will be introduced

as a new technology for mapping bathymetry in shallow area (Figure 1).

Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) is a small boat integrated with a systems of remote sensing technology, GPS and echo sounder, created by research students of Institut Teknologi Nasional, Malang. SHUMOO can be used for mapping the surface of shallow water bottom. Boat navigation is connected with HydroPro software, and the results of measurement are stored in (x, y, z) data as the variables for bathymetric map.

The purpose of this research is to create a Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO), to optimize the surveys in shallow water area, and to visualize the 3D bathymetric map. The innovation of this project is the data and video are broadcast directly to several operators, enabling the visualization and the pre-processing of all data in real time.

2. EXPERIMENTAL SECTION

SHUMOO is a Remotely Operated Vehicles (ROVs) conceived, and built to operate in shallow waters (0.5 m – 100 m). It is driven by non-polluting electric motor. This project is a low risk, more safety because remotely controlled by an operator in the ground based. Table 1 lists the characteristics.

Table 1. Technical and physical characteristics of the SHUMOO

Characteristics	Measure
Overall Length	130 cm
Width	35 cm
Weight	15 kg
Motor	Brushless 750 kV
Power	4 h

2.1 System Design

SHUMOO was designed for shallow waters using Solidwork software. It was made from fiberglass material and equipped with propellers, motors, and servo. The navigation maneuver of SHUMOO is controlled by a remote control on the ground. Depth and position data will be broadcasted via wireless in real-time and received by computer on the ground. Moreover, the results of navigation and depth data will be visualized by HydroPro Software. The survey diagram of this research is shown in Figure 2.

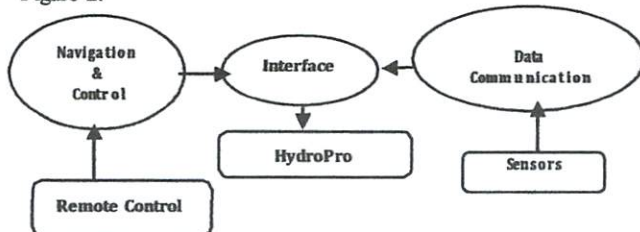


Figure 2. Surveys Diagrams

2.2 On-board Computer and Communication

The on-board navigation and computer control of boat are constructed using low power embedded microcontroller Arduino Uno and Raspberry. A serial port is used to read serial data from GPS and gather oceanographic sensor data from transducer. The control of rudder servo and propeller are done by remote control (see Figure 3).

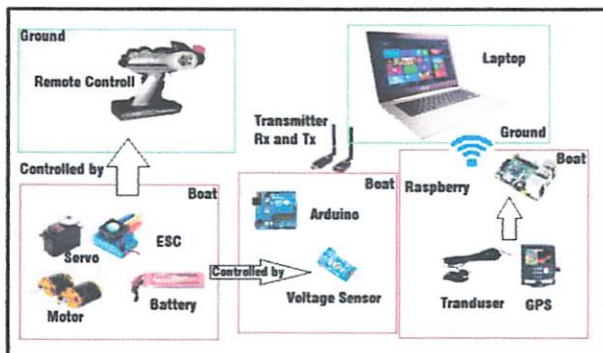


Figure 3. CityGML format from SketchUp

The SHUMOO has two control modes, a tele-operated mode and way point mode. A tele-operated mode is achieved through a 2.4 GHz ACE RC radio transmitter which range about 700 m. Besides, in way point mode, Andromax m25 Modem 512 Mhz is used to provide point to point communication with base station from shore.

2.3 Navigation and Power Supply

Vehicle navigation and positioning uses Garmin GPS585 fish finder with accuracy 5-7 meter. Two sensors are used, RS232 and NMEA 0183 which are compatible for easy integration. Raspberry uses broadcast the NMEA data to the laptop and vehicle maneuver controlled by remote control. Thus, navigation can be seen in the HydroPro Software.

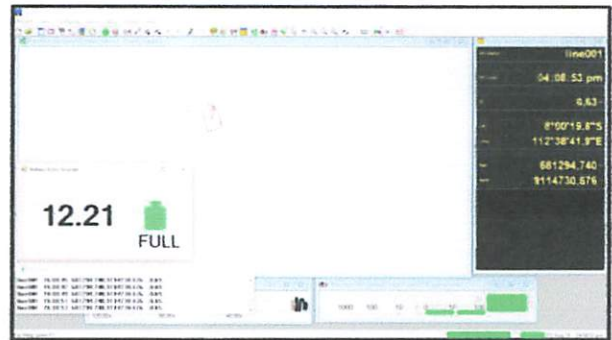


Figure 4. HydroPro Software and Voltage Controlled

SHUMOO power supply system consists of two 12V/5200mAH batteries connected in series format, which are providing 24V nominal voltage for the brushless motor. Other sensitive devices like sensors and computer system use independent energy supply with Li-ion 12V 9800mAH battery pack. Additional DC/DC converter is used to provide power sharing between the devices. The voltage controller using HydroPro software are shown in Figure 4.

3. RESULT

This section describes two cases of the SHUMOO survey. The main characteristic of these areas is the rivers that prevents any bathymetric surveys with traditional boats. The second, is to obtain a GIS 3D model of the sea floor. The interpolation method used in the post-processing phase was the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation. This interpolator is one of the simplest and most readily available methods for interpolation. It is based on an assumption that the value at an unsampled point can be approximated as a weighted average of values at points within a certain cut-off distance, or from a given number of the closest points.

3.1 SHUMOO Survey

The first is balance test of SHUMOO at Permata Jingga Swimming pool of Malang (A); SHUMOO managed not to sink and balanced. Second, SHUMOO be carried to Selorejo lakes, Malang (B). In there, does not get any data because SHUMOO still prototype with more error to send the real time data; Third, SHUMOO can broadcast the real time data to laptop after all repair the error system of SHUMOO. Lastly, the survey also includes Anyar Rivers, Buring (C).

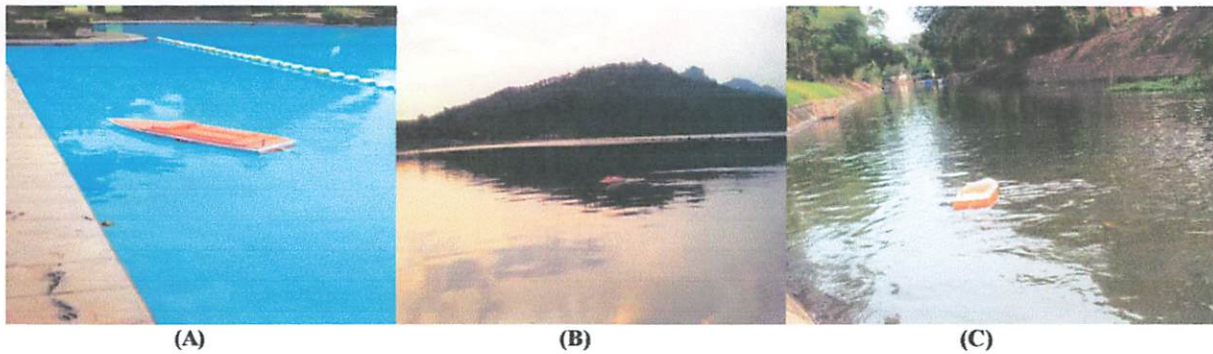


Figure 5. (A) First, ballancing test at swimming pool, Permata Jingga Resident of Malang; (B) SHUMOO test at selorejo lakes, Malang; (C) SHUMOO test and collection of data at Anyar Rivers, Buring.

3.2 Processing data

The range of distance SHUMOO is ± 500 m. In Anyar Rivers, it obtained the data in range of distance 100 m. thus, the data can be made the map in A3 size paper with scale 1:300 where the 1 cm in the map equals 3 m in the ground. In Malang, Indonesia, the reference projection is 49 UTM Zone. The data can be seen in Figure 6.

No	X	Y	Z
1	681297.883	9114735.64	0.8
2	681304.612	9114718.287	0.8
3	681309.21	9114719.19	0.91
4	681306.468	9114722.887	0.94
5	681305.009	9114725.474	0.88
6	681304.645	9114726.397	0.9
7	681303.738	9114729.35	0.87

Figure 6. The Positioning (Easting and Northing) and Depth data (X,Y,Z)

The data, can be visualised of 3D. The first, visualisation in terramodel software. It can be seen in Figure 7 (Left). And the second, Visualisation in ArcGIS Software seen in Figure 7 (Right). The data can be used for flood simulation, monitoring and etc.

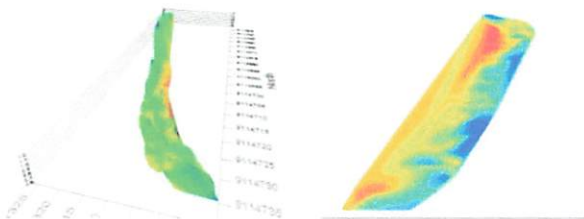


Figure 7. The visualisation of 3D in Terramodel (Left) and ArcGIS (Right).

4. CONCLUSION

Small Hydrography Marine Boundary Boat (SHUMOO) is a small boat integrated with a systems of remote sensing technology, GPS and echo sounder. SHUMOO can be used for

mapping the surface of shallow water bottom because it can detected of depth is 0.5 meter from surface. Boat navigation is connected with HydroPro software, and the results of measurement are stored in (x, y, z) data as the variables for bathymetric map.

The Navigation displayed by HydroPro Software and 3D Simulation created by Terramodel Software. The shallow waters of measurement data can be used by governments and planners. In the future, SHUMOO will be developed as a Autonomous Surface Vehicle, upgrade the accuracy of GPS and Echosounder, and has its own software.



Figure 8. The SHUMOO for Mapping of Shallow Waters

5. ACKNOWLEDGEMENT

Authors would like to thanks to PKM Team (Zainuri, Indah, Rahma, and Wayan Wahyu) for success to get PIMNAS 2016 in IPB Bogor and ITN, Malang for the support. Moreover, K. T. Suhari would like to thanks to Dr. P. H. Gunawan for great discussion in order to prepare this paper. Last but not the least, authors acknowledge DIKTI for the financial support.

6. AUTHOR CONTRIBUTIONS

K. T. Suhari is the team leader in the engineering of the SHUMOO, a coordinator for the hydrographic surveys, and a writer for this paper and Hery Purwanto is supervisor engineering of SHUMOO

REFERENCES

- [1] Jawak, S.D.; Vadlamani, S.S.; Luis, A.J. A Synoptic Review on Deriving Bathymetry Information Using Remote Sensing Technologies: Models, Methods and Comparisons. *Adv. Remote Sens.* 2015, 4, 147–162.
- [2] Mitas, L.; Mitasova, H. Spatial interpolation. Geographical information systems: Principles, techniques. *Manag. Appl.* 1999, 1, 481–492.
- [3] Guenther, G.C.; Cunningham, A.G.; LaRocque, P.E.; Reid, D.J. Meeting the Accuracy Challenge in Airborne Lidar Bathymetry. In Proceedings of the EARSeL-SIG-Workshop LIDAR, Dresden/FRG, Dresden, Germany, 16–17 June 2000; pp. 16–17.
- [4] Caccia, M.; Bibudi, M.; Bono, R.; Bruzzone, G.; Bruzzone, G.; Spirandelli, E. Unmanned surface vehicle for coastal and protected waters applications: The Charlie project. *Mar. Technol. Soc. J.* 2007, 41, 62–71.
- [5] Giordano, F.; Matti, G.; Parente, C.; Peluso, F.; Santamaria, R. MicroVeGA (micro vessel for geodetics application): A marine drone for the acquisition of bathymetric data for GIS applications. *ISPRS Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2015, 1, 123–130.
- [6] Zhao, J.; Yan, W.; Jin, X. Brief review of autonomous surface crafts. *ICIC Expr. Lett.* 2011, 5, 4381–4386.
- [7] Ferreira, H.; Almeida, C.; Martins, A.; Almeida, J.; Dias, N.; Dias, A.; Silva, E. Autonomous Bathymetry for Risk Assessment with ROAZ Robotic Surface Vehicle. In Proceedings of the IEEE Oceans 2009-Europe, Bremen, Germany, 11–14 May 2009; pp. 1–6.
- [8] Hassan, S.R.; Zakaria, M.; Arshad, M.R.; Aziz, Z.A. Evaluation of Propulsion System Used in URRG-Autonomous Surface Vessel (ASV). *Procedia Eng.* 2012, 41, 607–613.
- [9] Romano, A.; Duranti, P. Autonomous Unmanned Surface Vessels for Hydrographic Measurement and Environmental Monitoring. In Proceedings of the FIG Working Week 2012, Knowing to Manage the Territory, Protect the Environment, Evaluate the Cultural Heritage, Rome, Italy, 6–10 May 2012; pp. 1–15.
- [10] Boehm, B.; Hansen, W.J. Spiral Development: Experience, Principles, and Refinements; (No. CMU/SEI-2000-SR-008); Software Engineering Institute: Pittsburgh, PA, USA, 2000; pp. 1–35.
- [11] Li, W.; Wang, J. Effective Adaptive Kalman Filter for MEMS-IMU/Magnetometers Integrated Attitude and Heading Reference Systems. *J. Navig.* 2013, 66, 99–113.
- [12] Barshan, B.; Durrant-Whyte, H.F. Inertial navigation systems for mobile robots. *IEEE Trans. Robot. Autom.* 1995, 11, 328–342.
- [13] Downing, G.C.; Fagerburg, T.L. Evaluation of Vertical Motion Sensors for Potential Application to Heave Correction in Corps Hydrographic Surveys; Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg Ms Hydraulics Lab: Vicksburg, MS, USA, 1987; pp. 1–86.