

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**DESAIN SISTEM PEMETAAN KEDALAMAN PERAIRAN
PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE***



LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN

NIT. 22 36 30 73 020

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**DESAIN SISTEM PEMETAAN KEDALAMAN PERAIRAN
PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE***



LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN

NIT. 22 36 30 73 020

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN

Nomor Induk Taruna : 22 36 30 73 020

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

DESAIN SISTEM PEMETAAN KEDALAMAN PERAIRAN PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE*

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 12 Juli 2026



LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN

NIT. 22 36 30 73 020

ABSTRAK

LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN, Desain Sistem Pemetaan Kedalaman Perairan Pada *Unmanned Surface Vehicle*. Dibimbing oleh Diana Alia, S.T., M.Eng. dan Akhmad Kasan Gupron, M.Pd.

Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah kendaraan tanpa awak yang beroperasi di permukaan air. Survei hidrografi adalah ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dan deskripsi sifat dasar laut, hubungannya dengan daratan, dan parameter yang diperlukan untuk menggambarkan sifat dan dinamika lautan secara akurat. Sistem pemetaan kedalaman perairan pada *Unmanned Surface Vehicle* (USV) adalah teknologi yang memungkinkan pengukuran dan pemetaan batimetri menggunakan kendaraan permukaan tanpa awak. Studi ini penting untuk pelayaran, konstruksi struktur lepas pantai, eksplorasi sumber daya alam, penelitian ilmiah, dan perlindungan lingkungan. Prototype ini memiliki dimensi $80 \times 25 \times 20$ cm dan *Radiolink RC4GS V3* sebagai *remote control* menjadi sistem navigasi yang mengendalikan motor servo *rudder* dan motor BLDC. *Sonar deeper pro+* sebagai sensor pendeteksi kedalaman perairan. Aplikasi *Fish Finder* sebagai sistem pengolahan data, display monitoring kedalaman dan peta batimetri. Metode yang digunakan adalah R&D (*ADDIE*) *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. Penelitian ini menerapkan model jalur pemeruman untuk menentukan lintasan pemetaan batimetri menggunakan kapal USV terhadap suatu lokasi perairan. Penelitian berfokus mengembangkan *Prototype* yang mengimplementasikan sistem pemetaan kedalaman perairan pada USV. Hasil pengujian menunjukkan *Prototype* mampu menampung beban ± 1 kg. ESC mampu mengendalikan BLDC hingga 1600 rpm, servo dapat menggerakkan *rudder* dengan maksimal sesuai perintah *remote control*. Sistem dapat memetakan kedalaman perairan sesuai jalur pemeruman yang ditentukan. *Sonar Deeper Pro+* dan aplikasi *Fish Finder* dapat mendeteksi kedalaman dan memetakan dasar perairan (batimetri) dengan presentase keakuratan 99% dan rata-rata *error* 1-5 % tergantung kondisi cuaca. Baterai 12 V 5000mAh dapat digunakan sebagai sumber daya energi penggerak selama 2 jam 16 menit kecepatan stabil. Hasil penelitian menunjukkan integrasi USV, *Sonar Deeper Pro+* dan *Fish Finder* mampu menghasilkan sistem pemetaan kedalaman perairan dan peta batimetri struktur dasar perairan.

Kata Kunci : *USV, Survei Hidrografi, Batimetri, EchoSunder, Sonar Deeper Pro+, Fish Finder apk.*

ABSTRACT

LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN, Design of a Water Depth Mapping System on an Unmanned Surface Vehicle. Guided by Diana Alia, S.T., M.Eng. and Akhmad Kasan Gupron, M.Pd.

Unmanned Surface Vehicle (USV), commonly referred to as an unmanned vessel, is an unmanned vehicle that operates on the water's surface. Marine surveying, or hydrographic surveying, is the field of science concerned with measuring and describing the fundamental characteristics of the seabed, its relationship to the land, and the parameters necessary to accurately characterize the nature and dynamics of the oceans. The water depth mapping system on an Unmanned Surface Vehicle (USV) is a technology that enables the measurement and mapping of bathymetry (water depth) using an unmanned surface vehicle. This technology is important for various purposes including navigation, offshore structure construction, natural resource exploration, scientific research, and environmental protection. This prototype measures 80 × 25 × 20 cm and uses a Radiolink RC4GS V3 as the remote control for the navigation control system, which operates the rudder servo motor and the vessel's propulsion motor. Sonar Deeper Pro+ serves as the water depth detection sensor. The Fish Finder app functions as the data processing system and also displays real-time depth monitoring and bathymetric maps. The method used is the R&D (ADDIE) method: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. This study applies a survey route model to determine the depth mapping trajectory and create a bathymetric map using a USV on a specific water body. This study focuses on the development of a prototype that implements a water depth mapping system on a USV. Test results show that BLDC motor up to 1600 rpm, and the servo can move the rudder to its maximum extent as commanded by the remote control. The system can map water depths along a predetermined survey route. The Sonar Deeper Pro+ and the Fish Finder app can detect depths and map the seafloor structure (bathymetric map) with 99% accuracy and an average error of 1-5%, depending on weather conditions. In addition, the 12 V 5000 mAh battery can power the propulsion system for 2 hours and 16 minutes at a steady speed. The results of this study show that the integration of the USV, the Sonar Deeper Pro+ and the Fish Finder app is capable of producing a water depth mapping system and also mapping the seabed structure into a bathymetric map using a predefined survey route.

Kata Kunci : *USV, Hydrographic Survey, Batimetri, EchoSunder. Sonar Deeper Pro+, Fish Finder apk.*

KATA PENGANTAR

Rasa syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas semua anugerah dan kekuasaan-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir proposal ini dengan judul **“DESAIN SISTEM PEMETAAN KEDALAMAN PERAIRAN PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE ”**. Peneliti menyadari bahwa karya ilmiah terapan ini masih memiliki beberapa kekurangan, baik dalam presentasi materi maupun teknik penelitiannya. Oleh karena itu, peneliti berharap adanya koreksi dan saran yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesempurnaan karya ilmiah terapan ini.

Pada kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mendukung saya dalam penulisan proposal ini.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal.
3. Ibu Diana Alia, ST, M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang selalu sabar memberikan bimbingan dan motivasi.
4. Bapak Akhmad Kasan Gupron, M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan dan semangat.
5. Bapak, Ibu Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis khususnya Jurusan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal yang telah memberikan bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
6. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa, dukungan materi dan semangat.
7. Para pemberi saran dan masukan yang tidak bisa saya sebutkan namanya.

Akhir kata penulis berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya dan untuk pihak operasional kapal. Semoga Tuhan semesta alam senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk karya ilmiah terapan.

SURABAYA,.....2026

LOUIS BRIANT AGATA SIAHAAN
NIT. 22 36 30 73 020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN.....	v
PENGESAHAN TUGAS AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori	9
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Perancangan Sistem	31

B. Rencana Pengujian	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
A. Uji Coba Produk.....	35
B. Penyajian data	56
C. Analisis Data	67
BAB V PENUTUP	76
A. Simpulan	76
B. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	<i>Review</i> Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2. 2	Jenis Daerah Survei Hidrografi	15
Tabel 2. 3	Akurasi pengukuran dalam survei hidrografi	16
Tabel 2. 4	Contoh Bagan Perhitungan DTS	26
Tabel 2. 5	Nilai koreksi offset peralatan multibeam Kal-Vega 02	27
Tabel 2. 6	Presentase Uji Kualitas Data Multibeam/ EchoSounder	29
Tabel 4. 1	Data Pengukuran Battery	39
Tabel 4. 2	Hasil pola radial kolam renang.....	46
Tabel 4. 3	Hasil pola paralel kolam renang.....	48
Tabel 4. 4	Hasil pola radial kolam latihan	51
Tabel 4. 5	Hasil Pola Paralel kolam latihan	53
Tabel 4. 6	Performa USV	56
Tabel 4. 7	Hasil Uji Kedalaman	56
Tabel 4. 8	Hasil pola radial kolam renang.....	59
Tabel 4. 9	Ringkasan data radial kolam renang	60
Tabel 4. 10	Hasil pola paralel kolam renang.....	60
Tabel 4. 11	Ringkasan data paralel kolam renang.....	61
Tabel 4. 12	Perlindungan rata-rata kedalaman hasil pengujian.....	62
Tabel 4. 13	Hasil pola radial kolam latihan	63
Tabel 4. 14	Ringkasan data radial kolam latihan	64
Tabel 4. 15	Hasil pola paralel kolam latihan.....	65
Tabel 4. 16	Hasil pola paralel kolam latihan	66
Tabel 4. 17	Perbandingan pola radial dan paralel kolam latihan.....	66
Tabel 4. 18	Parameter metode radial dan metode paralel kolam renang	69
Tabel 4. 19	Perbandingan Error Pola Radial dan Paralel Kolam Renang.....	71
Tabel 4. 20	Perbandingan Error Pola Radial dan Paralel Kolam Renang.....	72
Tabel 4. 21	Perbandingan Error Pola Radial dan Pola Paralel Kolam Latihan	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Unmanned Surface Vehicle</i> (USV).....	9
Gambar 2. 2 Kapal <i>Single Hull</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Sonar Deeper Pro+</i>	17
Gambar 2. 4 Pancaran Sinyal Gelombang	19
Gambar 2. 5 Pantulan Sinyal.....	19
Gambar 2. 6 Pendeteksian Sinyal Pantulan	20
Gambar 2. 7 Grafik Hasil Rekaman.....	21
Gambar 2. 8 <i>Single Beam</i>	21
Gambar 2. 9 <i>Multi Beam</i>	22
Gambar 2. 10 Lajur Pemeruman Survei batimetri	24
Gambar 2. 11 Proses Pengukuran Kedalaman	25
Gambar 2. 12 Visualisasi kedudukan	26
Gambar 2. 13 Data MBES sebelum proses kalibrasi Yaw (kiri) dan sesudah kalibrasi Yaw (kanan).....	28
Gambar 2. 14 <i>Out Put</i> Data Survei	29
Gambar 3. 1 Blok Diagram Proses Visualisasi 2D	31
Gambar 3. 2 <i>FlowChart</i> Desain Sistem Pemetaan Kedalaman Perairan	32
Gambar 3. 3 Pola Laju Pemeruman Radial.....	34
Gambar 3. 4 Pola Laju Pemeruman Pararel	34
Gambar 4. 1 Pengujian lambung kapal	36
Gambar 4. 2 Pengujian Remote Control (a) Receiver dan (b) transceiver.....	37
Gambar 4. 3 Motor Servo (a) dan rudder (b)	38
Gambar 4. 4 Electronic speed control	38
Gambar 4. 5 Pengukuran Battery	39
Gambar 4. 6 Sonar deeper pro+	41
Gambar 4. 7 Aplikasi program Fish Finder (a) kedalaman 0.9M (b) kedalaman 2M (c) kedalaman 4.4M	42
Gambar 4. 8 Peta batimetri.....	43
Gambar 4. 9 Peta Jalur Pemeruman (a) pola radial (b) pola pararel melengkung	44
Gambar 4. 10 Peta Batimetri Radial Kolam Renang	45
Gambar 4. 11 Peta Batimetri Pararel Kolam Renang.....	48
Gambar 4. 12 Peta batimetri radial kolam latihan	50
Gambar 4. 13 Peta batimetri paralel kolam latihan.....	53
Gambar 4. 14 Parameterperbandingan pola radial dan paralel kolam renang	70
Gambar 4. 15 Grafik tren hasil pemetaan kolam renang	70
Gambar 4. 16 Parameter pertandingan bola radial dan paralel kolam latihan	72
Gambar 4. 17 Grafik tren pemetaan kolam latihan.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Dalam era kemajuan teknologi informasi dan berkembangnya industri pelayaran, kendaraan permukaan tak berawak *Unmanned Surface Vehicle* (USV) atau biasa disebut kapal tak berawak adalah kendaraan tanpa awak yang beroperasi di permukaan air. Kapal ini otomatis dikendalikan dari darat. Kapal juga dapat mengirimkan data langsung ke stasiun kendali. Dengan meningkatnya minat dunia terhadap isu-isu komersial, ilmiah, dan militer yang terkait dengan keduanya, lautan dan perairan dangkal, terdapat peningkatan permintaan untuk pembangunan.

Survei kelautan atau survei hidrografi adalah bidang ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dan deskripsi sifat dasar laut, hubungannya dengan daratan, dan parameter yang diperlukan untuk menggambarkan sifat dan dinamika lautan secara akurat. Sistem pemetaan kedalaman perairan pada *Unmanned Surface Vehicle* (USV) adalah teknologi yang memungkinkan pengukuran dan pemetaan batimetri (kedalaman perairan) menggunakan kendaraan permukaan tanpa awak. Sistem ini memanfaatkan berbagai sensor dan teknologi untuk menghasilkan peta kedalaman yang akurat dan terperinci. Berikut adalah komponen utama dan cara kerja sistem pemetaan kedalaman pada USV.

Survei hidrografi merupakan kegiatan pengumpulan data dan informasi mengenai badan air seperti lautan, sungai, dan danau. Tujuan utama survei ini adalah untuk memetakan dasar laut, mengukur kedalaman, dan

mengidentifikasi fitur bawah laut lainnya. Survei hidrografi memerlukan berbagai teknologi dan alat, seperti sonar, penginderaan jauh, dan GPS, untuk memperoleh data akurat mengenai batimetri, kualitas air, arus, pasang surut, dan kondisi relevan lainnya.

Studi ini penting untuk berbagai tujuan, termasuk pelayaran, konstruksi struktur lepas pantai, eksplorasi sumber daya alam, penelitian ilmiah, dan perlindungan lingkungan. Hasil survei hidrografi sering digunakan untuk membuat peta laut yang membantu pelaut melakukan navigasi dengan aman.

Oleh karena itu diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk mengoptimalkan penggunaan kendaraan tanpa awak yang memiliki potensi besar dalam bidang survei ini dengan memperlengkapinya menggunakan sensor yang dapat mengukur kedalaman di bawah kapal seperti *Echo Sounder*. Peneliti berharap pemanfaatan *Echo Sounder* ini dapat di implementasikan secara maksimal pada *Unmanned Surface Vehicle* (USV).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengembangkan suatu sistem pemetaan kedalaman perairan sehingga pada karya tulis ilmiah ini akan diusulkan judul “Desain Sistem Pemetaan Kedalaman Perairan Pada *Unmanned Surface Vehicle*”. Sistem kerjanya adalah menentukan jalur pemeruman suatu perairan yang akan dipetakan, kemudian kapal akan otomatis memetakan kedalaman perairan menjadi sebuah peta batimetri sesuai lajur yang dilalui kapal berdasarkan titik pemeruman yang telah ditentukan terhadap lokasi perairan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ilmiah terapan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pemetaan kedalaman perairan pada *Unmanned Surface Vehicle* ?
2. Bagaimana cara menghasilkan data kedalaman dan survei hidrografi terhadap suatu lokasi perairan ?
3. Bagaimana cara mengaplikasikan data agar mudah dipahami oleh pengguna?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, peneliti memberikan beberapa permasalahan agar menjadi fokus kajian penelitian agar pembahasan pada bab selanjutnya dapat dilakukan secara sistematis. Adapun permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Kapal yang diteliti adalah jenis *single hull* yang dapat mendeteksi kedalaman perairan.
2. Kapal bisa mendeteksi kealaman perairan sesuai dengan jenis perairan.
3. Kapal ini berfokus pada desain sistem pemetaan kedalaman perairan pada *Unmanned Surface Vehicle*
4. Penelitian ini berfokus pada fungsi *echo sounder* dalam kapal *single hull* (USV)

D. Tujuan Penelitian

Tujuan peneliti dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan adalah:

1. Mengetahui proses perancangan sistem pemetaan kedalaman perairan pada kapal USV.
2. Menghasilkan data kedalaman dan survei hidografi terhadap suatu lokasi perairan pada *Unmanned Surface Vehicle*.
3. Mengetahui hasil pengaplikasian sistem pemetaan kedalaman perairan USV.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis
 - a. Berkontribusi pada pengembangan teknologi kelautan dengan fokus pada kendaraan survei tanpa awak. Hal ini dapat memperluas pengetahuan teoritis di bidang kelautan dan mendukung penelitian lebih lanjut di bidang tersebut.
 - b. *Echosounder* digunakan untuk pemetaan dasar laut, pemantauan kualitas air, dan penelitian lingkungan, sehingga menghasilkan data penting yang memperkaya ilmu kelautan dan ekologi.
 - c. Penelitian tentang desain sistem dengan redundansi dan ketahanan, memberikan kontribusi pada perkembangan sistem kendali (*control systems*) yang digunakan dalam kendaraan survei tak berawak dan yang terpenting untuk meningkatkan keandalan operasi maritim.
2. Manfaat Praktis
 - a. Membantu mengurangi biaya operasional yang terkait dengan

penggunaan kendaraan tak berawak. Mengurangi biaya dapat menjadikan teknologi ini lebih terjangkau dan dapat diterapkan oleh lebih banyak pemangku kepentingan, termasuk *surveyor*, peneliti, dan industri maritim.

- b. Meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan manuver kendaraan darat tak berawak. Operasi dapat dilakukan dengan lebih efisien dan responsif, memungkinkan kendaraan tak berawak melakukan perjalanan sepanjang rute yang telah ditentukan dengan cepat dan efektif.
- c. Meningkatkan efisiensi dan akurasi operasi survei kelautan. Kendaraan tak berawak menggunakan teknologi IoT, yang memungkinkan transmisi jarak jauh, memungkinkan kontrol yang lebih presisi dan responsif tanpa kehilangan konektivitas atau mengalami masalah komunikasi, sehingga ideal untuk berbagai operasi.
- d. Mengurangi keterlibatan manusia dalam pengoperasian kendaraan darat tak berawak. Hal ini meningkatkan keselamatan dan mengurangi risiko kesalahan manusia, terutama dalam situasi yang sulit diakses atau perairan berbahaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Setiap penelitian pasti memiliki penelitian sebelumnya. Bagian ini berfungsi sebagai perbandingan antara penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya dan sebagai referensi untuk kemajuan di masa mendatang. Dalam studi ini, peneliti meninjau tiga studi serupa yang ditemukan di jurnal. Tinjauan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 *Review Penelitian Terdahulu*
Sumber : Diolah Peneliti

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	HASIL	PERBEDAAN
1	<i>Global path planning and waypoint following for heterogeneous unmanned surface vehicles assisting inland water monitoring</i>	L. Zhao, Y. Bai and J.K. Paik(2023)	Jurnal ini membahas mengenai perencanaan jalur global dan mengikuti titik jalan untuk heterogen kendaraan permukaan tak berawak membantu pemantauan perairan pedalaman	Perbedaan penelitian antara peneliti dan karya dari L. Zhao, Y. Bai and J.K. Paik, terletak pada penjelasan secara umum mengenai dasar dari USV sendiri meliputi elemen yang ada pada USV, teknik panduan USV, navigasi USV, pemetaan jalur USV dan kontrol USV. Namun pada penelitian ini menitik beratkan pada desain sistem pemetaan kedalaman perairan pada USV.
2	<i>Data-driven method for hydrodynamic model estimation applied to an unmanned surface vehicle</i>	Raphaël E.G. Mounet, Ulrik D. Nielsen, Astrid H. Brodtkorb, Henning Øveraas, Alberto Dallolio, Tor Arne Johansen c (2024)	Jurnal ini membahas metode baru untuk memperkirakan amplitudo fungsi transfer gelombang ke gerak USV kecil untuk memprediksinya gerakan vertikal linier yang diinduksi gelombang serta sudut <i>roll</i> dan <i>pitch</i> .	Perbedaan penelitian antara peneliti dan karya dari Volden dkk, terletak pada sensornya. Sensor yang dipakai di penelitian sebelumnya yaitu DVL disertai dengan IMU dan memiliki harga yang mahal. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan sensor <i>Sonar Deeper Pro+</i> dan aplikasi <i>Fish Finder</i>

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	HASIL	PERBEDAAN
				yang telah terintegrasi dengan GPS dan datanya dapat diakses secara realtime melalui aplikasi <i>Fish Finder</i> .
3	<i>Modeling, Identification, and Control of an Unmanned Surface Vehicle</i> (2013)	Chistian R. Sonnenburg dan Craig A. Woolsey (2013)	Jurnal ini berisi evaluasi model gerak planar untuk kendaraan permukaan tak berawak (USV) dengan fokus pada perahu karet lambung kaku yang dimodifikasi. Analisis menunjukkan model kemudi tingkat pertama Nomoto cocok untuk kecepatan tinggi, sementara model lag diperlukan untuk kecepatan rendah. Dalam eksperimen, pendekatan model ganda berhasil, di mana struktur model dan parameter diatur berdasarkan kecepatan maju. Penggunaan model ini mendukung pembuatan lintasan dinamis dan pengembangan hukum kendali pelacakan lintasan. Selain itu, eksperimen menunjukkan pengontrol backstepping lebih efektif daripada pengontrol turunan proporsional dalam melacak lintasan dengan variasi kecepatan dan sudut arah yang besar.	Penelitian oleh Sonnenburg dan Woolsey menekankan pada model desain kontrol yang efektif. Namun pada penelitian tersebut belum menjelaskan dengan kontrol secara <i>wireless</i> sehingga peneliti ingin membuat model kontrol USV secara <i>wireless</i> dan data sensor dapat dikirim secara <i>realtime</i> .
4	Rancang Bangun <i>Double Hull Unmanned Surface Vehicle</i> Dengan Pengiriman Data Melalui <i>Lora</i>	M. Daffa El-Khaq (2024)	Di dalam jurnal penelitian yang dilakukan oleh M. Dffa El-Khaq, dapat merancang katamaran USV dengan desain yang ergonomis dan mengirim data dengan mudah melalui <i>LoRa</i> .	Penelitian yang dilakukan oleh M. Daffa El-Khaq lebih fokus membahas pada pengiriman data melalui <i>LoRa</i> , sedangkan peneliti bertujuan mengembangkan sistem pemetaan kedalaman air pada <i>Unmanned Surface Vehivcle</i>

Pada tabel 2.1 dapat dilihat beberapa *review* penelitian sebelumnya yang

sudah peneliti tinjau. Berdasarkan hasil kajian empat penelitian terdahulu, terdapat persamaan dengan penelitian yang dilakukan penulis, yaitu sama-sama menerapkan sistem navigasi berbasis USV sebagai alat dasar penelitian dilaksanakan, menggunakan USV berbasis komunikasi jarak jauh dengan *Remote Control*, dan juga membahas penggunaan Prototype USV sebagai objek dasar melakukan penelitian terhadap suatu perairan. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa USV memiliki peran penting sebagai alat bantu melaksanakan suatu kegiatan survei atau menjadi objek penelitian itu sendiri. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi konsep dasar yang sama dengan mengimplementasikan USV sebagai objek pelaksanaan survei dilakukan.

Meskipun memiliki kesamaan dalam penggunaan USV sebagai objek penelitian, penelitian ini memiliki perbedaan dibandingkan penelitian terdahulu yang merupakan *research gap*, penelitian ini mengembangkan sistem pemetaan kedalaman perairan berbasis *Unmanned Surface Vehicle* (USV) menggunakan *Sonar Deeper Pro+* yang terintegrasi dengan GPS dan aplikasi *Fish Finder* untuk memperoleh data kedalaman secara *real-time*. Selain itu, fokus penelitian ini juga membandingkan pola lintasan untuk mengevaluasi kualitas hasil pemetaan berdasarkan parameter cakupan area, detail kontur, sebaran titik pemeruman, efisiensi lintasan, waktu survei, representasi bentuk dasar perairan, dan akurasi visualisasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi pola survei yang paling efektif dalam menghasilkan peta batimetri menggunakan USV.

B. Landasan Teori

Landasan teori merupakan dasar teori dari suatu penelitian yang berisi seperangkat definisi, ide, dan saran tentang variabel penelitian yang disusun secara sistematis. Sumber-sumber ini memberikan dasar untuk memahami konteks masalah. Selain itu, studi saat ini tentang penggunaan *Deeper Sonar Pro+* sebagai sistem pemetaan pada pergerakan *Unmanned Surface Vehicle* (USV) harus dikaji secara teoritis. Berikut ini adalah beberapa landasan teori yaitu:

1. *Unmanned Surface Vehicle* (USV)

a. Pengertian

Menurut pendapat (Sigit Andriansyah, 2023) Kendaraan permukaan tak berawak (USV) adalah kapal yang dapat beroperasi tanpa awak manusia dan dikendalikan dari jarak jauh melalui *remote control* yang telah diprogram sebelumnya. Kendaraan permukaan tak berawak (USV) dapat digunakan di berbagai bidang aplikasi, termasuk alat pengawasan pantai, keamanan pelabuhan dan perbatasan, pencarian otonom, transmisi sinyal antara udara dan kendaraan bawah air, dan perlindungan kapal selam.

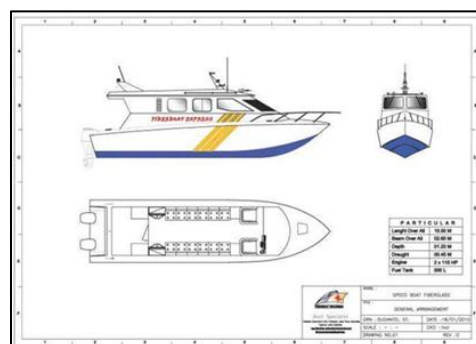


Gambar 2. 1 *Unmanned Surface Vehicle* (USV)
Sumber : <https://www.directindustry.com> (2024)

USV adalah kapal atau perahu dengan berbagai ukuran dan daya angkut. Agar lebih otonom dan presisi, dapat dilengkapi dengan berbagai sensor, perangkat lunak kontrol, dan sistem navigasi. Contoh kapal USV ditunjukkan pada Gambar 2.1 di atas. Aplikasi USV mencakup berbagai bidang termasuk survei dan penelitian lingkungan laut, pengawasan maritim, patroli keamanan maritim, pengangkutan barang dan peralatan di laut lepas, operasi militer, dan banyak bidang lainnya. Manfaat utama USV adalah berkurangnya risiko bagi orang-orang yang berada dalam situasi berbahaya dan lingkungan berisiko tinggi, serta peningkatan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai misi dan aplikasi maritim.

b. Bentuk Kapal

Sebagai bagian dari penelitian ini, USV akan diubah menjadi kendaraan penelitian *single hull*. (Davit Hermanto, Samuel, 2017) menyatakan bahwa kapal *single hull* adalah kapal berlambung tunggal yang dihubungkan oleh struktur jembatan. Bentuk lambung kapal *single hull* mirip dengan kapal pada umumnya, namun garis airnya lebih sempit sehingga mengurangi hambatan. Keuntungan *single hull* tidak hanya pada hambatan yang lebih rendah tetapi juga stabilitas yang lebih baik. Desain kapal *single hull* ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2. 2 Kapal *Single Hull*

Sumber : <https://share.google/fsU1idt14E7MG3ejS>

Ciri kapal *single hull* adalah memiliki lambung tunggal, tetapi bagian atasnya dihubungkan oleh struktur ponton. Bentuk lambung tunggal meningkatkan stabilitas *single hull* dengan lambung tunggal dan ukuran yang sama oleh karena itu peneliti menetapkan lambung *single hull* menjadi struktur desain pada *prototype* penelitian ini.

c. Sistem kontrol kapal *single hull*

Sistem kemudi kapal *single hull* mirip dengan kapal lain, konfigurasi lambung tidak jauh berbeda dengan kapal pada umum-nya, sehingga ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Komponen berikut ini merupakan bagian penting dari sistem kendali *single hull*:

1) Sistem Navigasi

Sistem navigasi pada kapal *single hull* termasuk penggunaan GPS (*Global Positioning System*), kompas magnetik, unit inersia, dan sensor lainnya untuk menentukan posisi, arah, dan kecepatan kapal. Informasi dari sistem navigasi ini digunakan untuk menghitung dan mengendalikan pergerakan kapal.

2) Sistem Pengendalian Otonom atau Manual

Kapal *single hull* dapat dikendalikan secara otonom atau secara manual oleh operator. Jika kapal memiliki kemampuan otonom, maka algoritma kontrol otonom akan digunakan untuk mengatur pergerakan kapal sesuai dengan tujuan misi dan lingkungan sekitar. Jika dikendalikan secara manual, operator

menggunakan perangkat kendali seperti *joystick* atau *remote control* untuk mengendalikan kapal.

3) Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi yang adalah *wireless* seperti IoT, 4G/5G, Wi-Fi, atau satelit membantu kapal *single hull* berkomunikasi dengan operator. Sistem ini memungkinkan pengiriman perintah dan penerimaan data telemetri dari kapal *single hull* secara *real-time*.

4) Sistem Kendali Jarak Jauh

Atau yang dikenal *Remote Control System* diperlukan jika kapal *single hull* juga dapat dikendalikan dari jarak jauh. Sistem ini memungkinkan operator mengendalikan kapal dari jarak jauh menggunakan perangkat kendali seperti kontrol jarak jauh atau komputer.

5) Sistem Stabilitas

Kapal *single hull* harus memiliki sistem stabilisasi untuk memastikan bahwa mereka tetap stabil di atas permukaan air. Sistem ini dapat mencakup penggunaan *stabilizer gyro* atau trimaran untuk meningkatkan stabilitas kapal dan mengurangi miring atau berayunnya.

2. Survei Hidrografi

a. Pengertian

Djunarsjah & Poerbandono (2005) menjelaskan bahwa Survei hidrografi adalah proses pengumpulan data dan informasi tentang karakteristik fisik dan kondisi perairan, terutama yang berkaitan dengan

kedalaman, bentuk dasar laut, arus, pasang surut, dan sifat fisik air. Tujuan utama dari survei hidrografi adalah untuk membuat peta atau *chart* yang digunakan untuk navigasi laut, pemetaan dasar laut, dan analisis lingkungan laut.

Hidayat dkk. (2014) Menggambarkan bahwa pemeruman merupakan suatu proses serta aktivitas yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran (model) mengenai bentuk permukaan (topografi) dasar laut (permukaan *seabed*). Proses yang merepresentasikan dasar laut tersebut (dari pengukuran, pemrosesan hingga visualisasi) dikenal sebagai survei batimetri. Membentuk model batimetri (kontur kedalaman) dengan melakukan interpolasi terhadap titik-titik pengukuran kedalaman sesuai dengan ukuran model yang ingin dibuat.

b. Klasifikasi survei hidrografi

Hidayat dkk. (2014) membagi klasifikasi dalam proses pemeruman terbagi dalam 3 orde, yaitu:

1) Orde Khusus

Metode survei hidrografi khusus hanya digunakan pada titik-titik kritis dimana kedalaman lunas sangat dangkal dan sifat dasar air dapat menimbulkan bahaya bagi kapal. Metode ini mendekati standar akurasi survei teknis.

Mutu penelitian ditentukan langsung oleh lembaga yang bertanggung jawab terhadap penelitian tersebut. Misalnya, pelabuhan adalah tempat berlabuh dan titik masuk. Segala sumber

kesalahan harus diminimalkan dan dihindari.

Untuk mendapatkan gambaran lengkap tentang dasar air, perlu dipastikan bahwa semua benda yang berukuran lebih dari 1 meter persegi dapat terlihat pada perangkat umum yang digunakan. Untuk mencapai tujuan ini, persyaratan khusus memerlukan penggunaan sonar pemindaian dengan resolusi tinggi dan jarak *spacer* sempit, array *multitransducer*, atau *echosounder multibeam*.

Penggunaan sonar pemindaian samping dan sonar multibeam mungkin diperlukan di lokasi yang mungkin ditemui benda kecil atau hambatan berbahaya, atau untuk tujuan survei.

2) Orde Satu

Ruang lingkup survei hidrografi primer meliputi pelabuhan, akses saluran air, jalur yang direkomendasikan, rute navigasi, dan wilayah pesisir dengan lalu lintas komersial yang padat. Survei ini dilakukan bila kedalaman dasar laut mencukupi dan kondisi fisik dasar laut (seperti lumpur atau pasir) tidak menimbulkan bahaya bagi kapal. Hanya berlaku untuk survei primer pada area dengan kedalaman kurang dari 100 meter. Pada area survei, objek yang berukuran lebih dari 2 meter persegi atau kedalaman lebih dari 40 meter harus dapat dicitrakan oleh perangkat publik yang digunakan.

3) Orde Dua

Survei hidrografi sekunder dilakukan pada wilayah dengan kedalaman air kurang dari 200 meter. Daerah ini dapat dikenakan penyelidikan awal atau khusus, karena gambaran batimetri umum

sudah cukup untuk memastikan bahwa tidak ada penghalang di dasar laut yang dapat membahayakan kapal yang lewat atau bekerja di daerah tersebut. Kriteria ini tidak dapat diterapkan pada wilayah samudera yang sangat berbeda dimana tatanan hidrografi yang lebih tinggi tidak dapat diterapkan. Survei dasar laut mungkin diperlukan di lokasi tertentu dimana sifat dasar air atau bahaya penghalang dapat membahayakan kapal.

4) Orde Tiga

Untuk kedalaman lebih dari 200 meter, survei hidrografi tersier digunakan untuk semua wilayah yang tidak tercakup dalam survei primer dan sekunder. Klasifikasi wilayah survei dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 Jenis Daerah Survei Hidrografi
Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2010)

No	Kelas	Contoh daerah survei
1	Orde Khusus	Pelabuhan tempat sandar dan alur penting lainnya di mana kedalaman air di bawah batas minimum.
2	Orde 1	1. Pelabuhan 2. Alur yang dekat dengan pelabuhan 3. Lintasan/haluan yang disarankan 4. Daerah pantai dengan kedalaman sampai 100 meter.
3	Orde 2	1. Wilayah yang tidak disebutkan dalam orde khusus atau orde satu. 2. Wilayah dengan kedalaman hingga 200 meter.
4	Orde 3	Daerah lepas pantai yang tidak disebutkan dalam orde satu atau dua.

c. Ketentuan Survei

1) Ketelitian

Semua informasi lokasi dan tugas pengumpulan data yang dilakukan dalam survei dihitung menggunakan metode statistik

husus dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil akan diberikan setelah survei selesai. Informasi singkat mengenai keakuratan pengukuran survei hidrografi disajikan pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2. 3 Akurasi pengukuran dalam survei hidrografi
Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2010)

No.	Deskripsi	Kelas			
		Orde Khusus	Orde 1	Orde 2	Orde 3
1	Keakuratan dalam dimensi horizontal	2 m	5 m + 5% dari kedalaman rata-rata	20 m + 5% dari kedalaman	150 m + 5% dari kedalaman rata-rata
2	Fasilitas navigasi yang tetap dan elemen-elemen terkait navigasi	2 m	2 m	5 m	5 m
3	Garis-garis pantai	10 m	20 m	20 m	20 m
4	Fasilitas navigasi yang terapung	10 m	10 m	20 m	20 m
5	Ciri-ciri dari topografi	10 m	10 m	20 m	20 m
6	Presisi dalam pengukuran kedalaman	a = 0,25 m b = 0,0075	a = 0,5 m b = 0,013	a = 1,0 m b = 0,023	a = 0,25 m b = 0,023

Catatan :

- a) Variabel a dan b dipakai untuk mengkalkulasi akurasi kedalaman.
- b) Alat pengukuran dikalibrasi sebelum dipakai.

Persamaan 2.1 di bawah ini digunakan untuk menghitung batas toleransi kesalahan antara kedalaman titik tetap pada jalur utama dan jalur silang adalah sebagai berikut:

$$V = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- V = Batas toleransi kesalahan
- a = kesalahan yang bersifat independen (jumlah kesalahan yang konsisten)
- b = faktor kesalahan yang bergantung pada kedalaman (jumlah kesalahan yang bersifat konsisten)
- d = kedalaman yang diukur (meter)
- (b x d) = kesalahan yang bergantung pada kedalaman (total kesalahan yang bervariasi dengan kedalaman)

3. *Sonar Deeper Pro+*

Perangkat pemantauan bawah air seperti *Sonar Deeper Pro+* menggunakan teknologi *sonar* untuk menangkap gambar dan informasi tentang struktur bawah air, lokasi ikan, dan kondisi lingkungan bawah permukaan air. Umumnya alat ini digunakan para pemancing untuk mencari lokasi ikan dan lebih memahami kondisi di bawah permukaan.

Contoh *Sonar Deeper Pro+* ditunjukkan pada Gambar 2.3 di bawah ini :



Gambar 2. 3 *Sonar Deeper Pro+*
Sumber : Dokumen Peneliti

Yang istimewa dari *Sonar Deeper Pro+* adalah alat ini dapat

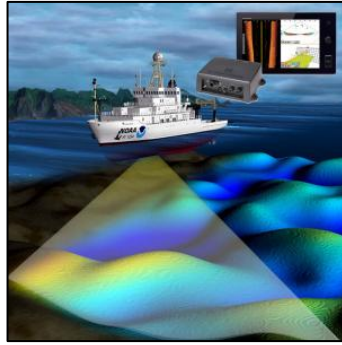
memetakan dasar suatu perairan dengan rentang kedalaman maksimal di kisaran 80 meter untuk hasil maksimal dan kedalaman 100 meter untuk kedalaman maksimal, selebihnya akan mulai kehilangan fungsi maksimal dan data kedalaman tidak terdeteksi, mengidentifikasi kedalamannya, struktur dasar seperti batuan dan tumbuhan, serta konturnya. Data Sonar dari perangkat *Sonar Deeper Pro+* yang lebih dalam dapat merekam dan menyimpan data *sonar*, memungkinkan pengguna melacak dan menganalisis data dari beberapa sesi penangkapan ikan untuk membantu menemukan kumpulan ikan dan mengoptimalkan strategi penangkapan ikan tanpa *delay* atau dapat dipantau secara *real-time*. *Sonar Deeper Pro+* yang lebih dalam biasanya berfokus pada portabilitas.

a. Prinsip Kerja

Sonar Deeper Pro+ bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara (*sonar*). Proses ini melibatkan beberapa langkah utama:

1) Emisi Sinyal Suara

Sonar Deeper Pro+ mengirimkan pulsa suara atau sinyal akustik vertikal ke bawah melalui air. Sinyal ini biasanya berupa gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar oleh manusia. Visualisasi emisi sinyal suara dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



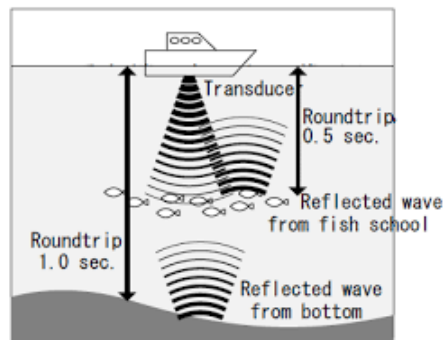
Gambar 2. 4 Pancaran Sinyal Gelombang

Sumber : <https://alatujjigeoteknik.com/>

Pada penelitian ini *Sonar Deeper Pro+* digunakan sebagai sensor pengirim pulsa suara atau sinyal akustik vertikal ke dasar perairan, untuk mendeteksi seberapa jauh atau dalam sinyal dapat dikirim sebelum mencapai titik dasar dan lalu dipantulkan kembali.

2) Pantulan Sinyal

Ketika sinyal suara mencapai dasar perairan atau objek di dalam air, sinyal tersebut dipantulkan kembali ke permukaan. Visualisasi pantulan sinyal suara dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2. 5 Pantulan Sinyal

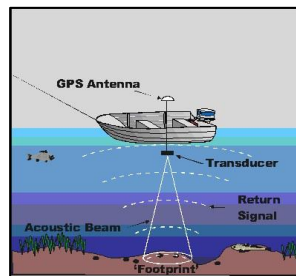
Sumber : <https://id.saiyungmarine.com/>

Pada tahap ini sebagaimana digambarkan pada gambar 2.5, ketika sinyal suara mencapai dasar perairan sinyal tersebut akan dipantulkan kembali ke permukaan perairan atau kembali ke titik

Sonar Deeper Pro+ berada.

3) Deteksi Sinyal

Transduser pada *Sonar Deeper Pro+* menerima sinyal pantulan (*echo*) yang kembali. Waktu yang diperlukan bagi sinyal untuk kembali ke *transduser* diukur. Visualisasi deteksi sinyal *transduser echo sounder* dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 6 Pendeteksian Sinyal Pantulan

Sumber : <https://fajarfajrien.blogspot.com/>

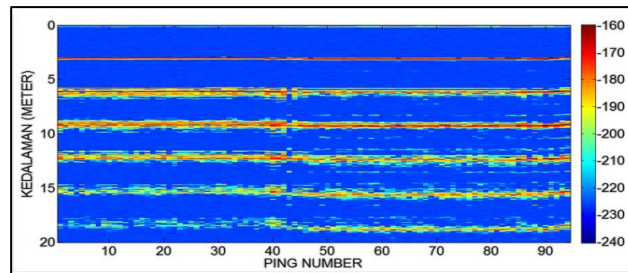
Pada tahap ini sebagaimana digambarkan pada gambar 2.6 diatas, sensor *transducer* yaitu *Sonar Deeper Pro+* menerima kembali data yang telah dikirimkan ke dasar perairan dan kemudian dipantulkan kembali ke permukaan perairan dimana *Sonar Deeper Pro+* berada lalu diolah menjadi sebuah data kedalaman.

4) Perhitungan Kedalaman

Perhitungan Kedalaman: Dengan menggunakan rumus sederhana, Kedalaman = $\frac{Waktu \times Kecepatan \text{ Suara}}{2}$, *Sonar Deeper Pro+* menghitung kedalaman air. Pembagian dengan 2 dilakukan karena waktu yang diukur adalah perjalanan pulang-pergi (bolak-balik) dari gelombang suara.

5) Tampilan Data

Data kedalaman kemudian ditampilkan pada layar perangkat, sering kali dalam bentuk grafik atau angka. Tampilan data kedalaman dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



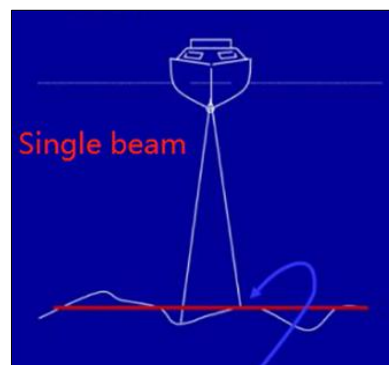
Gambar 2. 7 Grafik Hasil Rekaman

Sumber : <https://hollandakusuma.wordpress.com/>

b. Jenis-Jenis *Echosounder*

1) *Single Beam Echo Sounder*

(Lusi Swastika Dewi, Aris Ismanto, 2015) menyatakan bahwa *Single beam echo sounder* adalah jenis *echo sounder* yang menggunakan satu pancaran gelombang suara untuk mengukur kedalaman air di bawah kapal. Ini adalah salah satu alat paling dasar dan paling umum digunakan dalam navigasi dan survei laut. Visualisasi gambar *single beam Echo Sounder* dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.

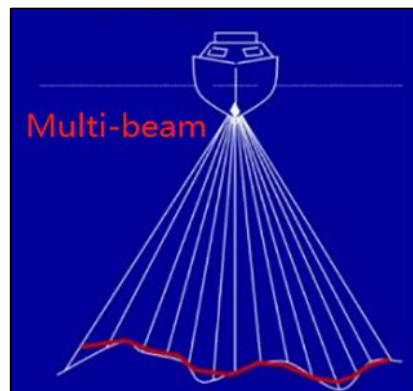


Gambar 2. 8 *Single Beam*

Sumber : <https://2020.ivcaconclave.com/>

2) *Multi Beam EchoSounder*

(Angkoso Dewantoro, L.M. Sabri, 2012) menyatakan bahwa *Multi beam echo sounder* (MBES) adalah alat yang lebih canggih dibandingkan dengan *single beam echo sounder*. MBES menggunakan banyak sinar suara yang dipancarkan sekaligus untuk mengukur kedalaman air di berbagai titik secara bersamaan, sehingga dapat menghasilkan peta dasar laut yang lebih rinci dan akurat. Visualisasi *Multi Beam EchoSounder* dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 9 *Multi Beam*

Sumber : <https://2020.ivcaconclave.com/>

4. Pelaksanaan Survei Hidrogafi

Tahap ini meliputi persiapan alat-alat yang dibutuhkan, pengukuran kedalaman perairan. Pengukuran pasang surut gelombang dan pengukuran situasi, survei.

1) Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a) *Unmanned Surface Vehicle*
- b) *Sonar Deeper Pro+GPS*
- c) *Aplikasi Fish Finder*

2) Pemasangan Alat Survei

Pemasangan peralatan pada kapal harus dilakukan dengan sangat hati-hati, karena kondisi kapal tidak dapat dipertahankan. Oleh karena itu, proses ini memerlukan kehati-hatian dan kepatuhan terhadap standar operasional.

3) Navigasi

Hal ini memastikan bahwa posisi kapal survei berada pada lokasi sebenarnya selama proses akuisisi perangkat lunak GPS. Ini digunakan tidak hanya sebagai kumpulan data mentah untuk perangkat lunak ini, tetapi juga sebagai alat navigasi kapal selama survei.

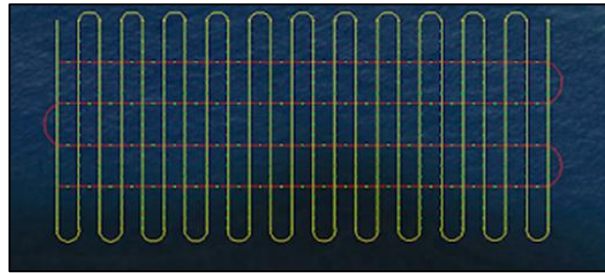
4) Kalibrasi Alat

Kalibrasi pembacaan instrumen dilakukan dengan cara mengoreksi cepat rambat gelombang bunyi menggunakan bar check. Pemeriksaan batang terdiri dari pelat logam berbentuk lingkaran atau persegi panjang yang digantung pada tali atau rantai bersisik dan ditempatkan di bawah *transduser*. Untuk membandingkan hasil pengukuran dengan *sounder* digunakan tali atau rantai dengan timbangan. Perbandingan pengukuran kedalaman dilakukan pada setiap perubahan kedalaman dimulai dari 0 meter dan ditingkatkan secara bertahap 1 meter hingga kedalaman maksimum. Fungsi pelat logam ini adalah untuk memantulkan gelombang yang dipancarkan *transduser*.

5) Jalur Pemeruman

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar

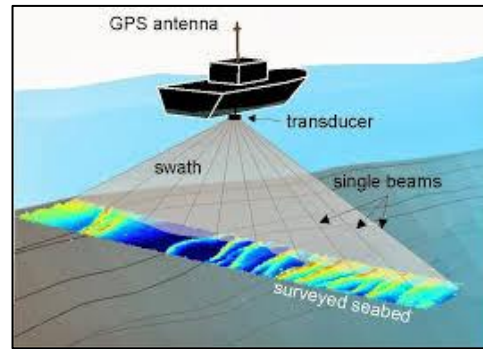
perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya) disebut sebagai survei batimetri. Visualisasi pola jalur pemeruman dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2. 10 Lajur Pemeruman Survei batimetri

Sumber : <https://perikanan38.blogspot.com>

Jalur pemeruman dibuat tegak lurus dengan garis pantai untuk mendapatkan data kedalaman secara akurat. Pembuatan lajur perum merupakan jalur perekaman data batimetri yang akan diikuti kapal dalam melintasi area survei. Lajur perum ini dibuat menjadi dua lajur, secara menyeluruh di area penelitian. Merupakan desain alur pemeruman pada saat melakukan survei batimetri dimana interval antar lajur pemeruman berjarak 25 m. Proses pemeruman dimulai dari line 1 sampai dengan line 2 dimana jarak keseluruhan berkisar 8 meter dengan luasan area pemeruman sekitar 500 meter yang menghasilkan 450 titik poin perekaman data pemeruman. Visualisasi gambar proses pemeruman dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2. 11 Proses Pengukuran Kedalaman

Sumber : <http://www.madesapta.com>

Penggunaan alat ini merupakan pengukuran kedalaman secara tidak langsung dengan mengukur waktu tempuh pulsa gelombang akustik yang dipancarkan oleh transduser. Interval waktu tempuh gelombang akustik tersebut kemudian dikonversi menjadi kedalaman dengan prinsip sebagai berikut. Rumus dibawah merupakan fungsi kedalaman laut yang diukur:

$$D = \frac{1}{2}(V \cdot \Delta t) \dots \dots \dots (1)$$

keterangan :

D = Kedalaman (m)

V = Cepat rambat gelombang akustik dalam air (m/s)

Δt = Interval waktu antara gelombang yang dipancarkan dan diterima

(s)

5. Proses Pengolahan Data

Selesai dengan menggunakan perangkat lunak pendukung agar temuan lebih mudah dipahami dan memberikan informasi yang berguna. Pengolahan data merupakan kegiatan yang dilakukan setelah suatu kegiatan.

No	Jam	T(cm)	F	T x F	No	Jam	T(cm)	F	T x F
12	11:00	244	0	0	32	07:00	228	1	228
13	12:00	241	1	241	33	08:00	236	0	0
14	13:00	237	1	237	34	09:00	241	1	241
15	14:00	234	0	0	35	10:00	240	0	0
16	15:00	232	2	464	36	11:00	236	0	0
17	16:00	230	1	230	37	12:00	232	1	232
18	17:00	229	1	229	38	13:00	229	0	0
19	18:00	228	2	456	39	14:00	227	1	227
0	19:00	227	0	0	Jumlah $\Sigma F = 30$ $\Sigma(T \times F) = 6589$				

Tabel 2.4 diatas adalah contoh hasil rekaman kedudukan titik kordinat perum ketika survei lapangan oleh GPS.

6. Output Data

Berdasarkan hasil data yang diperoleh di atas, sistem aplikasi secara otomatis melakukan kalibrasi ulang dan menampilkan tampilan permukaan multibeam yang berisi digit titik kedalaman sebelum dikalibrasi ulang dengan cara sebagai berikut.

1) Kalibrasi Data *Offset Static*

Kalibrasi Data *Offset Static* Dalam kalibrasi *offset* dan saat pemeruman *multibeam* diperlukan sistem referensi posisi yang tinggi. DGPS (*Differential Global Positioning System*) adalah teknik penentuan posisi umum di mana dua atau lebih pasangan antena penerima digunakan untuk memposisikan titik yang tidak diketahui relatif terhadap titik yang diketahui. Dalam praktiknya, teknik pemosisian DGPS memungkinkan untuk mengurangi atau menghilangkan sejumlah kesalahan sistematis dalam pengukuran satelit GNSS.

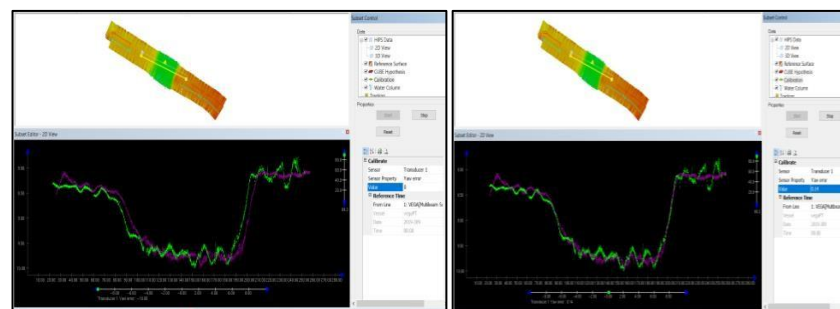
Tabel 2. 5 Nilai koreksi *offset* peralatan *multibeam* Kal-Vega 02
Sumber : Dokumen Peneliti

No	Nama Peralatan	Posisi		
		X	Y	Z
1	MRU/IMU sensor	0 m	0 m	0 m

No	Nama Peralatan	Posisi		
		X	Y	Z
2	GPS	-1.9 m	-0.5 m	3.8
3	Transduser	0 m	-0.1 m	0.1 m
Waterline/Draft		1.2 m		

2) Kalibrasi Data *Patch Test*

Kalibrasi uji tempel dilakukan satu kali sebelum pemeruman. Hasil yang diperoleh adalah nilai roll error sebesar -0.25° , nilai pitch error -11° , dan nilai yaw error sebesar 0.14° . Nilai negatif (-) menunjukkan seberapa jauh ke bawah posisi port terhadap gerakan roll dan bow, pitch transduser dan sebaliknya, sertarotasi. Visualisasi kalibrasi data patch test dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2. 13 Data MBES sebelum proses kalibrasi Yaw (kiri) dan sesudah kalibrasi Yaw (kanan)

Sumber : Dokumen Peneliti

3) Analisis Kualitas Data *Multibeam*

Koreksi pengukuran kedalaman perairan *multibeam* sangat menentukan tingkat keakuratan data batimetri. Hal ini penting mengingat pentingnya kualitas data untuk perencanaan dan atau penentuan suatu pekerjaan yang membutuhkan informasi batimetri. Data di titik koordinat bertampalan atau pada lokasi sama tersebut digunakan untuk mengetahui perbedaan kedalaman yang akan ditentukan toleransinya sesuai dengan perhitungan standard dari IHO

sesuai dengan klasifikasi orde pengukuran. Analisis kualitas data *multibeam* dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini.

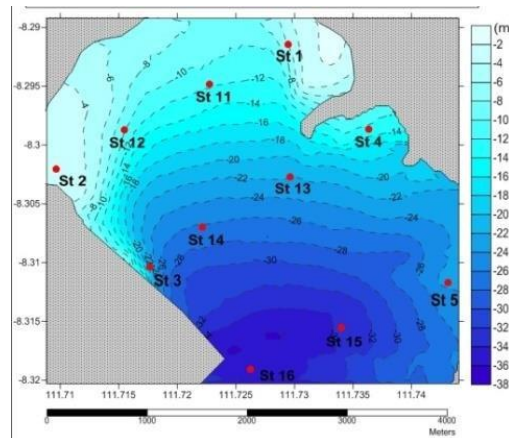
Tabel 2. 6 Presentase Uji Kualitas Data *Multibeam/ EchoSounder*

Sumber : Diolah Peneliti

Total Data	Persentase Orde			Tidak Masuk Kriteria	Persentase Data Bersih
	Spesial	1A/1B	2		
162869	97.4697 %	2.3528 %	0.1596 %	0.0178 %	99.9822 %

4) Pemetaan Kedalaman Perairan

Peta batimetri dan peta penampang batimetri tiga dimensi menunjukkan permukaan dasar laut membentuk cekungan seperti parit, dan dasarnya (sisi selatan) melebar. Berdasarkan profil batimetri, kedalaman muka air diasumsikan tidak sama pada kedua sisinya. Visualisasi pemetaan kedalaman perairan dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2. 14 Out Put Data Survei

Sumber : <https://www.researchgate.net>

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

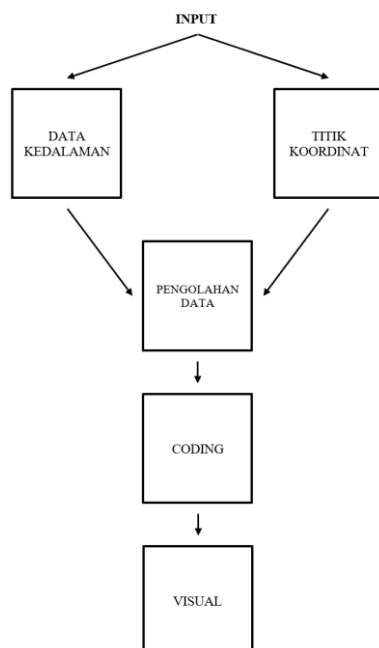
Dalam penelitian ini penulis menerapkan metode penelitian *Research and Development (R&D)*. *Research and Development* adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan (Nana Syaodih, 2020). Penelitian ini mengacu pada model penelitian dan pengembangan ADDIE Menurut (Zamsiswaya, Z. et al. 2024) metode *Research and Development (R&D)* model *ADDIE* adalah proses pengembangan produk yang sistematis, terdiri dari 5 tahapan berurutan: *Analysis* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Berikut adalah rincian tahapan metode ADDIE:

1. *Analysis* (Analisis) adalah tahap identifikasi masalah, kebutuhan pengguna, dan tujuan pembelajaran. Analisis ini menentukan apakah produk baru diperlukan atau produk lama perlu diperbaiki
2. *Design* (Desain) adalah proses perancangan konsep produk secara rinci. Mencakup pembuatan storyboard, kerangka kerja, pemilihan format, serta instrumen penilaian.
3. *Development* (Pengembangan) adalah realisasi rancangan menjadi produk nyata. Setelah produk jadi, dilakukan validasi oleh para ahli (materi, media, dan bahasa) untuk memastikan kelayakan sebelum diuji coba.

4. *Implementation* (Impelementasi) adalah uji coba produk dilapangan atau kepada pengguna akhir yang sebenarnya. Tahap ini bertujuan melihat respons dan efektivitas produk saat digunakan dalam kondisi nyata.
5. *Evaluation* (Evaluasi) adalah penilaian akhir terhadap produk dan seluruh proses yang telah dilakukan. Evaluasi ini dilakukan untuk mengukur apakah produk mencapai tujuan yang diharapkan dan perbaikan apa yang masih diperlukan.

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merujuk pada proses merencanakan dan mengembangkan sistem yang mencakup perangkat lunak, perangkat keras, prosedur, dan infrastruktur pendukung untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Secara garis besar perancangan sistem pada metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Blok Diagram Proses Visualisasi 2D

Sumber : Dokumen Peneliti

Berdasarkan proses pada gambar 3.1 dapat disimpulkan bahwa untuk memulai sebuah proses pemetaan kedalaman suatu perairan ada hal-hal yang perlu dipersiapkan, selain bahan dan barang yang dipersiapkan ada juga proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak/*Software*. Proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak dapat dimulai dari penginputan data kedalaman dan data titik kordinat yang sudah diambil sewaktu pemeruman lokasi survei hidografi, kemudian dilanjut ke proses pengolahan data dari kedua data yang sudah didapatkan, setelah berhasil diolah maka data diteruskan ke proses *coding* agar dari data yang sudah diolah dapat diaplikasikan menjadi sebuah visual dalam bentuk gambar/*pixel*. Visualisasi *flowchart* desain sistem pemetaan kedalaman perairan dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 2 *FlowChart* Desain Sistem Pemetaan Kedalaman Perairan
Sumber : Dokumen Peneliti

C. Rencana Pengujian

Pelaksanaan rencana pengujian akan dilaksanakan dalam 2 lokasi yang berbeda, struktur kedalaman dan jenis dasar kedalaman perairannya juga beda. Dalam eksperimen ini akan dilaksanakan rencana pengujian yang sama dalam mendapatkan hasil pengujian yang maksimal. Tujuan rencana pengujian ini adalah agar dapat menentukan titik kedalaman suatu perairan dengan dua jenis lokasi, dasar perairan, dan fungsi perairan yang berbeda yaitu :

1. Kolam Renang
2. Kolam latihan

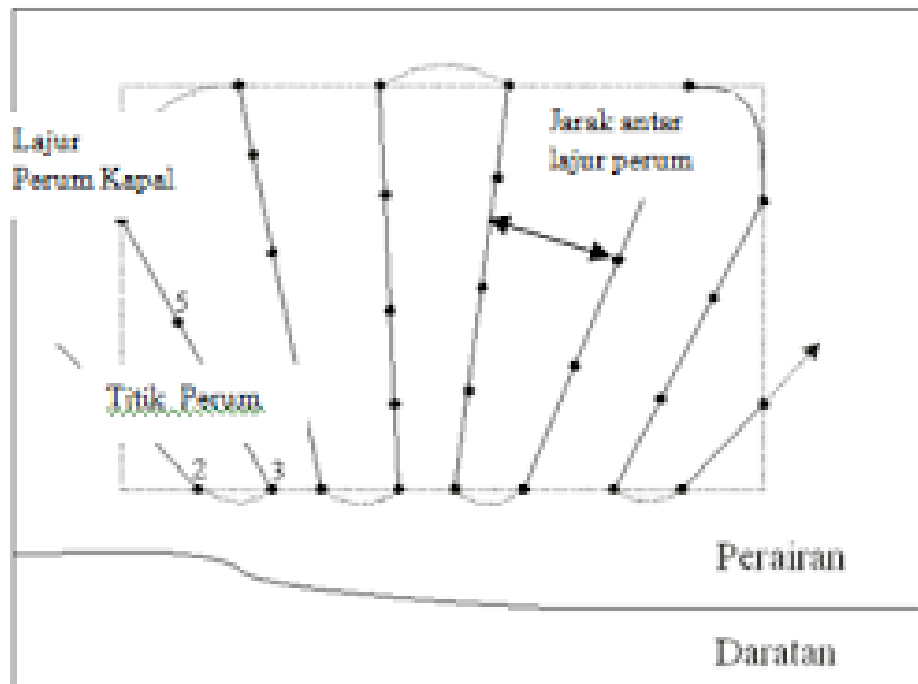
Dalam proses yang akan dilaksanakan untuk memetakan kedalaman perairan pada kolam renang dan kolam latihan maka akan ada beberapa ketentuan yang akan dilaksanakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

a. Penentuan jalur pemeruman

Dalam penentuan jalur pemeruman dalam kolam renang dan kolam latihan akan dilaksanakan menggunakan jarak / diameter antara satu titik ke titik koordinat lain berjarak 1 – 5 m .

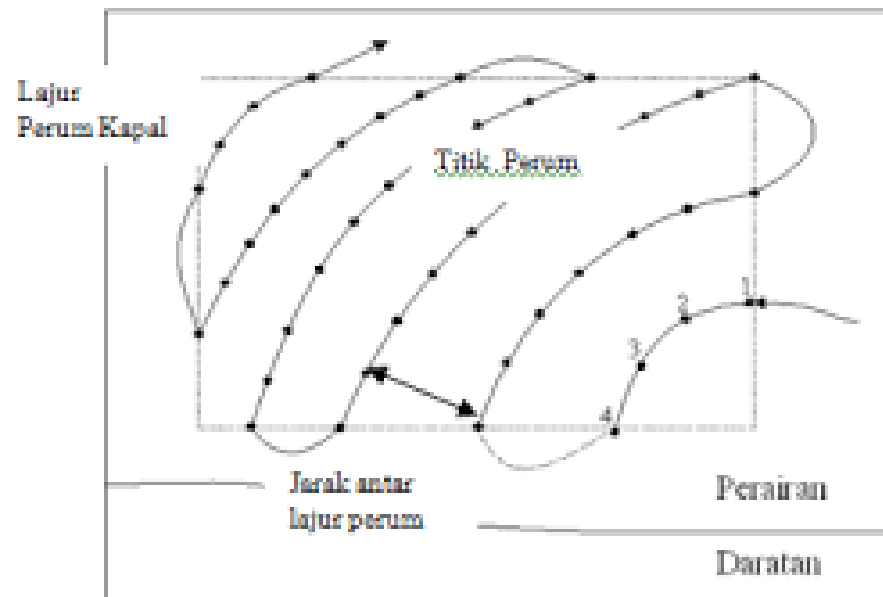
b. Penentuan pola alur pemeruman

Pola alur pemeruman dalam menentukan pemetaan kedalaman perairan kolam renang dan kolam latihan yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada gambar 3.3 dan 3.4 berikut ini:



Gambar 3. 3 Pola Laju Pemeruman Radial

Sumber : Dokumen Peneliti



Gambar 3. 4 Pola Laju Pemeruman Pararel

Sumber : Dokumen Peneliti