

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batimetri

Batimetri adalah suatu teknik atau metode yang digunakan untuk mengukur kedalaman laut atau menggambarkan profil dasar laut berdasarkan analisis data kedalaman sesuai dengan standar S-44 Edisi 4. Teknik ini juga mencakup identifikasi lokasi serta ukuran objek yang berpotensi membahayakan. Hasil dari survei batimetri berupa garis kontur kedalaman yang diperoleh melalui analisis titik-titik pengukuran kedalaman pada area survei tertentu. (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

Survei ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang kedalaman serta topografi dasar laut, termasuk posisi dan dimensi objek-objek yang terdapat di dalamnya. Dalam praktiknya, survei batimetri berbasis akustik biasanya dilakukan dengan menggunakan perangkat *echosounder*. Data batimetri diakuisisi memakai alat yang dilengkapi sensor *echosounder*. Alat ini dapat merekam data dari kedalaman 1 m sampai 500 m. Waktu perekaman dapat disesuaikan dengan kecepatan, kebutuhan, dan kondisi di lapangan. Data survei batimetri disajikan dalam bentuk layout peta yang mencakup kontur minor dan mayor (sumber : <https://www.handalselaras.com/survei-batimetri/>).

2.2 Penentuan Batimetri

Batimetri merupakan proses pengukuran kedalaman laut, baik dalam bentuk elevasi maupun depresi pada dasar laut, yang memberikan gambaran mengenai topografi dasar laut serta informasi tentang struktur dan kedalamannya. Pengukuran kedalaman laut dapat dilakukan melalui berbagai metode, salah satunya adalah menggunakan Depth Echosounder konvensional, yang bekerja dengan menghitung waktu antara pengiriman dan penerimaan pulsa suara untuk menentukan kedalaman.

Selain itu, metode side scan sonar juga digunakan untuk mengukur kedalaman, memetakan morfologi dasar laut, serta mengenali jenis-jenis lapisan sedimen di bawah permukaan laut. Teknologi penginderaan jauh pun dapat dimanfaatkan dalam pengukuran kedalaman laut. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah koreksi kolom air, yaitu pendekatan yang

mengompensasi kedalaman berdasarkan asumsi kejernihan air yang konstan dan substrat dasar laut yang homogen (Fonstad & Marcus, 2005; Gordon & Brown, 1974; Lyzenga, 1978).

Metode yang dikembangkan oleh Jupp (1988) menyempurnakan algoritma batimetri Lyzenga dengan menambahkan proses perhitungan zona penetrasi kedalaman, interpolasi, dan kalibrasi. Sebelumnya, Green et al. (2000) telah menerapkan pendekatan Lyzenga dan memperoleh kedalaman hingga sekitar 30 meter. Sementara itu, Louchard et al. (2003) menggunakan pendekatan perhitungan fungsi transfer radiasi untuk mengklasifikasikan jenis dasar laut dan mengukur kedalaman perairan.

2.3 Hasil Dari Peta Batimetri

Peta batimetri adalah representasi topografi dasar laut yang menunjukkan kedalaman serta struktur dasar perairan. Hasil dari peta batimetri sangat penting untuk berbagai bidang seperti navigasi, penelitian oseanografi, perencanaan konstruksi kelautan, dan eksplorasi sumber daya laut. Berikut beberapa hasil dari pembuatan peta batimetri:

1. Kedalaman dan Kontur Dasar Laut

- Peta batimetri menunjukkan kedalaman air pada berbagai titik di laut, dan biasanya diwakili dalam satuan meter.
- Garis kontur Batimetri (*isobath*) digunakan untuk menghubungkan titik – titik dengan kedalaman yang sama, mirip dengan garis kontur pada peta topografi daratan.
- Pola garis kontur yang rapat menunjukkan daerah dengan perubahan kedalaman yang curam (lereng curam), sedangkan garis yang lebih jarang menunjukkan daerah yang relatif datar.

2. Struktur Geomorfologi Dasar Laut

Peta batimetri mengungkap berbagai bentuk dasar laut, termasuk:

- Palung Laut yaitu cekungan dalam dan sempit yang biasanya terbentuk akibat pertemuan lempeng tektonik, contoh : palung mariana.
- Punggung Laut yaitu pegunungan bawah laut yang terbentuk akibat aktivitas vulkanik dan pergerakan lempeng tektonik.

- Dataran Abbyssal yaitu wilayah dasar laut yang luas dan relatif datar.
- Gunung Bawah Laut yaitu gunung yang terbentuk dari aktivitas vulkanik tetapi tidak mencapai permukaan laut.
- Terumbu Karang dan Atol yaitu struktur batu kapur yang terbentuk dari koloni karang, sering ditemukan di perairan tropis.

3. Navigasi dan Kemanan Pelayaran

- Peta batimetri membantu dalam navigasi kapal dengan menunjukkan daerah yang dangkal, rintangan bawah air, atau jalur yang lebih aman untuk dilewati.
- Sangat penting untuk pelayaran komersil, militer, dan kapal selam agar terhindar dari bahaya bawah laut.

4. Eksplorasi Sumber Daya Alam

- Digunakan dalam eksplorasi minyak dan gas, serta pencarian mineral dasar laut seperti nodul mangan, sulfida hidrotermal, dan gas hidrat.
- Membantu dalam menentukan lokasi terbaik untuk pengeboran lepas pantai dan eksploitasi sumber daya kelautan.

5. Penelitian Oseanografi dan Perubahan Iklim

- Digunakan oleh ilmuwan untuk mempelajari sirkulasi laut, pola arus, dan pengaruhnya terhadap iklim global.
- Penting dalam penelitian terkait kenaikan permukaan laut dan dampaknya terhadap wilayah pesisir.

6. Perencanaan Infrastruktur Kelautan

- Peta batimetri digunakan dalam perencanaan proyek infrastruktur seperti pelabuhan, jembatan, kabel bawah laut, dan platform minyak lepas pantai.
- Membantu dalam mitigasi risiko seperti erosi dasar laut atau ancaman tsunami.

Kesimpulannya hasil dari peta batimetri memberikan informasi mendetail mengenai bentuk dan kedalaman dasar laut, yang sangat penting untuk navigasi,

eksplorasi sumber daya, penelitian ilmiah, dan perencanaan pembangunan infrastruktur maritim. Data ini juga berkontribusi dalam pemahaman tentang proses geologi dan ekologi laut.

2.4 Pengolahan Peta Batimetri

Pengolahan peta batimetri melibatkan beberapa tahap, mulai dari pengumpulan data hingga pembuatan peta yang siap digunakan. Berikut adalah langkah – langkah utama dalam pengolahan peta batimetri :

1. Pengumpulan Data Batimetri

Data batimetri dapat dikumpulkan menggunakan berbagai metode, antara lain:

- *Echosounder Single Beam* (SBES) untuk mengukur kedalaman satu titik di bawah kapal secara vertikal
- *Echosounder Multi Beam* (MBES) untuk menghasilkan peta dasar laut dengan cakupan yang lebih luas dan detail tinggi.
- Lidar Batimetri untuk menggunakan laser dari pesawat atau drone untuk mengukur kedalaman perairan dangkal.
- Satelit Altimetri untuk menggunakan sensor satelit yang mengestimasi topografi dasar laut secara global.

2. Pengolahan Data Mentah

Setelah data dikumpulkan, langkah berikutnya adalah membersihkan dan menyesuaikan data agar siap digunakan dalam pemetaan. Tahapan ini meliputi:

- a. Pembersihan Data (*Data Cleaning*)
 - Menghapus anomali atau noise akibat gangguan sinyal *echosounder*.
 - Memeriksa data yang hilang dan interpolasi jika diperlukan.
 - Mengeliminasi kesalahan akibat getaran kapal atau kondisi cuaca ekstrem saat survei.
- b. Koreksi Data
 - Koreksi pasang surut : kedalaman dikoreksi berdasarkan data pasang surut agar lebih akurat.

- Koreksi kecepatan suara dalam air : kecepatan suara di air dipengaruhi oleh salinitas, suhu, dan tekanan sehingga perlu dikoreksi
- Koreksi posisi GPS : memastikan koordinat posisi kapal akurat menggunakan data GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

3. Interpolasi dan Pembuatan Model *Digital Elevation Model* (DEM)

- Interpolasi data dilakukan untuk mengisi celah antara titik pengukuran menggunakan metode seperti IDW (*Inverse Distance Weighting*) atau kriging.
- Pembuatan Model Elevasi Digital (DEM) sebagai representasi 3D dasar laut.
- Mengkonversi data kedalaman ke sistem referensi vertikal yang standar.

4. Visualisasi Peta Batimetri

- Setelah data diolah, langkah berikutnya adalah membuat visualisasi peta batimetri:
- Kontur Batimetri : menampilkan garis kedalaman untuk menunjukkan relief dasar laut.
- Gradasi Warna : menggunakan warna yang berbeda untuk menunjukkan perubahan kedalaman (misalnya biru untuk perairan dangkal dan biru tua untuk laut dalam)
- Model 3D : menggunakan perangkat lunak GIS (*Geographic Information System*) seperti ArcGis, QGIS atau Global Mapper untuk membuat model tiga dimensi dari dasar laut.

5. Validasi dan Verifikasi Data

- Membandingkan hasil peta batimetri dengan peta terdahulu atau data referensi lain.
- Mengecek kesesuaian hasil dengan kondisi sebenarnya di lapangan jika memungkinkan.

- Melakukan *ground truthing* atau verifikasi lapangan dengan metode tambahan seperti ROV (*Remotly Operated Vehicle*) atau penyelaman langsung.

6. Penyimpanan dan Penyajian Data

- Menyimpan data dalam format XYZ, GeoTIFF, atau SHP agar bisa digunakan dalam berbagai aplikasi GIS.
- Menyusun laporan hasil pemetaan dengan menyertakan informasi teknis seperti metode pengolahan, akurasi data, dan interpolasi hasil.

Kesimpulannya pengolahan peta batimetri melibatkan pengumpulan, pembersihan, koreksi, interpolasi, visualisasi, dan validasi data sebelum dapat digunakan dalam berbagai aplikasi kelautan. Dengan teknologi modern seperti *echosounder multibeam* dan GIS, hasil pemetaan batimetri semakin akurat dan berguna untuk navigasi, penelitian oseanografi, serta eksplorasi sumber daya laut.

2.5 Echosounder

Echosounder adalah alat yang menggunakan gelombang suara untuk mengukur kedalaman air atau objek dibawah permukaan air. Alat ini bekerja dengan mengirimkan gelombang suara ke dasar air dan menghitung waktu gelombang suara kembali ke peralatan sonar pada kapal. Data yang diperoleh digunakan untuk membuat peta batimetri yang menunjukkan kontur minor dan mayor, serta digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pembangunan, navigasi, dan kajian program kegiatan dan kebijakan mengenai perlakuan terhadap alam.

Fungsi utama *echosounder* adalah sebagai berikut :

1. Mengukur Kedalaman Air

Echosounder mengukur kedalam air dengan mengirimkan gelombang suara ke dasar air dan menghitung waktu gelombang suara kembali ke peralatan sonar.

2. Membuat Peta Batimetri

Data yang diperoleh digunakan untuk membuat peta batimetri yang menunjukkan kontur minor dan mayor.

3. Navigasi

Echosounder digunakan dalam navigasi untuk mengetahui kedalaman air dan lokasi kapal.

4. Kajian Program Kegiatan dan Kebijakan

Data batimetri digunakan dalam kajian program kegiatan dan kebijakan mengenai perlakuan terhadap alam.

Biasanya, *echosounder* memiliki lima bagian utama. Beberapa komponen *echosounder* adalah sebagai berikut:

1. **Transmitter** : Perangkat yang menghasilkan listrik suara pada frekuensi tertentu kemudia mendistribusikannya ke *transducer*. *Transmitter* berfungsi sebagai sinyal yang akan ditransmisikan ke dasar laut.
2. **Transducer** : Perangkat yang mengubah listrik gelombang yang diterima dari pemancar menjadi suara gelombang. Transduser sebagai penghubung antara pemancar dan penerima
3. **Receiver** : Alat yang berfungsi sebagai penangkap gelombang atau resonansi yang diaragkan dari permukaan laut. Penerima juga berfungsi untuk menangkap data yang ditangkap sebelum dikirim ke perekam sehingga dapat digunakan sebagai informasi dalam navigasi kapal.
4. **Recorder/Display Unit** : Tujuannya adalah untuk menampilkan dan menganalisi data yang diperoleh dari gelombang yang diterima penerima. Tujuan dari unit perekam/penampilan adalah untuk menyediakan data dengan cara lancar dan mudah dipahami
5. **Time Base** : Untuk mengatifkan sinyal pulsa yang akan dikirimkan pemancar kepada transduser. *Time Base* berfungsi sebagai pengatur waktu untuk mengurangi jumlah waktu yang diperlukan untuk kembali ke penerima.

2.6 SingleBeam dan MultiBeam Echosounder

SingleBeam Echosounder berfungsi sebagai alat ukur kedalaman tunggal yang bekerja dengan memanfaatkan pemancar dan penerima sinyal gelombang. Cara kerjanya didasarkan pada prinsip pemrosesan pulsa akustik, di mana alat ini

mengatur waktu pemancaran serta penerimaan sinyal akustik. Gelombang akustik dihasilkan oleh transduser, yaitu salah satu komponen utama perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, kemudian menghasilkan gelombang suara (akustik). Gelombang ini merambat melalui air dengan kecepatan tertentu hingga mencapai dasar laut, lalu dipantulkan kembali menuju penerima di permukaan.

Multibeam Echosounder (MBES) merupakan alat pengukur kedalaman yang prinsip kerjanya sama dengan *singlebeam echosounder* (SBES). Perbedaan utama antara SBES dan MBES terletak pada jumlah beam yang dipancarkan. SBES hanya memancarkan satu beam pada setiap lokasi di lajur survei, sedangkan MBES memancarkan lebih dari satu beam, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan banyak titik kedalaman dalam satu pancaran gelombang akustik. Berbeda dengan SBES, pola pancaran MBES bersifat melebar dan melintang terhadap kapal. Ketika kapal bergerak, ia menghasilkan sapuan di atas area yang luas dari permukaan laut sebagai akibatnya. (Wahyu Wijonarko et al., 2016)

Untuk memaksimalkan kinerja *multibeam echosounder* itu sendiri, diperlukan beberapa komponen sistem untuk pengoperasiannya. Sistem pendukung *multibeam echosounder* adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

- *Multibeam Echosounder* : Sensor utama yang mengirimkan dan menerima sinyal akustik.
- *Inertial Navigation System* (INS)/Motion Sensor : Mengukur pergerakan kapal seperti *pitch*, *roll*, *yaw*, dan *heave*.
- *Global Navigation Satellite System* (GNSS)/GPS : Menyediakan posisi geofisiensi yang akurat.
- *Sound Velocity Profiler* (SVP) : Mengukur kecepatan suara dalam kolom air untuk koreksi data sonar.
- *Computing Unit* : Komputer untuk memproses data *real – time* dan menyimpan hasil pengukuran

2. Perangkat Lunak (*Software*)

- *Acquisition Software* : Untuk pengumpulan data (misalnya Hypack, QINSy, Kongsberg SIS)
- *Processing Software* : Untuk mengolah data (misalnya CARIS HIPS & SIPS, Fidermaus, GMT)
- *Visualization Software* : Untuk analisis dalam pemetaan batimetri dalam 2D atau 3D

3. Proses Pendukung

- Kalibrasi : Melakukan kalibrasi sistem untuk mengurangi kesalahan.
- *Survey Planning* : Menentukan jalur pelayaran untuk cakupan optimal.
- *Data Processing* : Filtering, koreksi, dan interpolasi data untuk menghasilkan peta batimetri berkualitas tinggi.

Sistem pendukung ini memastikan bahwa MBES dapat memberikan hasil pemetaan dasar laut yang akurat untuk berbagai aplikasi seperti navigasi, penelitian oseanografi, dan eksplorasi bawah laut.

2.7 Pasang Surut

Pasang surut laut, disebut juga pasang surut laut, merupakan fenomena yang disebabkan oleh kombinasi gaya dan gravitasi dan tarikan menarik dari permukaan laut.

Tiga benda astronomi utama adalah matahari, bulan, dan bumi. Periode rata – rata pasang surut kira – kira antara jam 12 dan 4 atau 24 dan 8. Gravitasi bulan berfungsi sebagai motivator utama surutnya, walaupun massa matahari jauh lebih besar dari massa bulan, jarak matahari ke bumi juga lebih besar dari jarak bulan ke bumi, oleh karena itu dampak bulan jauh lebih besar dibandingkan dampak matahari (Poerbandono, Djunarsjah, Bachri, Abidin, & Adil, 2005).

Pasang surut adalah elemen krusial dalam menentukan kedalaman sejati yang sesungguhnya dari survei batimetri. Tujuannya ialah untuk menentukan titik acuan kedalaman. Tengah atau muka surutan (chart datum) serta hubungan antara hasil kedalamannya dapat ditemukan di suatu titik acuan vertikal. Duduk tengah merujuk pada rata – rata tinggi muka laut yang dihasilkan dari pengukuran ketinggian muka air laut dalam periode tertentu, dan biasanya disebut *mean sea*

level. Di sisi lain, muka surutan adalah acuan vertikal yang terletak di bawah permukaan bumi berdasarkan pengamatan pasang surut. Muka surutan, yang juga dikenal sebagai bagan data, berfungsi sebagai acuan visual yang disusun sedemikian rupa untuk menghindari masalah jika angka kedalaman pada peta lebih kecil daripada kedalaman sebenarnya (Poerbandono dan Djunarsjah 2005).

Setiap kali survei batimetri dilakukan, pengamatan pasang surut harus sesuai dengan waktu yang ditentukan untuk nilai kedalamannya, atau dapat menggunakan data tersebut untuk stasiun pengamatan pasang surut selanjutnya dalam jangka pendek sesuai dengan waktu survei.

2.8 Unmanned Surface Vehicle (USV)

Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah wahana yang dioperasikan pada permukaan air tanpa awak. Sistem ini awalnya dirancang untuk memenuhi kebutuhan militer. Saat ini, banyak pekerjaan telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan sipil. Sistem ini berguna untuk mengatur lokasi yang sulit dipantau karena pengoperasiannya memerlukan ruangan yang lebih besar (Perbani dan Suwardhi, 2014).



Gambar 2.1 Prototype USV

Sumber : www.oceanalpha.com

Pemetaan wilayah perairan juga diperlukan dalam beberapa proyek, selain pengukuran dan pemetaan darat atau udara. Hal ini biasanya disebut sebagai survei batimetri. Tujuan survei ini adalah untuk mengumpulkan informasi mengenai lokasi atau topografi, seperti lokasi dan objek yang disurvei. Salah satu teknologi yang digunakan dalam survey batimetri adalah *Unmanned Surface Vehicle* (USV) atau dikenal juga dengan *Autonomous Surface Vehicle* (ASV).

USV merupakan teknologi untuk wahana tanpa awak yang dapat

digunakan di lingkungan udara seperti sungai, danau, kanal, dan jenis perjalanan udara lainnya. Jangkauannya dapat mencakup kapal tanker dengan berbagai ukuran volume, baik kecil maupun besar. USV dapat beroperasi secara mandiri berkat pengembangan berbagai teknologi seperti GPS, ISR, IEEE Robotic, Sonar dan sensor lainnya. Dari nol, teknologi USV sedang dalam proses pengembangan guna menurunkan risiko yang dihadapi oleh surveyor, baik di permukaan tanah maupun di udara.

Seperti yang disebutkan oleh beberapa orang, USV dapat digunakan dalam proses pengumpulan data seperti proyek konstruksi atau infrastruktur bangunan, baik yang terletak di dalam atau di dekat perairan. Selama pengoperasian, surveyor dapat mengidentifikasi rute USV menggunakan pilot USB lunak dan mengumpulkan pilot USB lunak dan mengumpulkan data dengan akurasi tinggi. Melalui *ground control station* (GCS), USV dapat dikonfirmasi secara otomatis dengan menyediakan beberapa titik tujuan, seperti titik jalan, dan mengirimkan data *real-time* ke GCS. USV dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti survei udara, pemeliharaan iklim, operasi maritim, operasi pencarian, dan masih banyak lagi.

- **Aplikasi Militer**

Meski USV sendiri cukup kuat, stabil, cepat, dan mudah digunakan namun hanya mampu berfungsi sebagai kendaraan tanpa terjaga. Kriteria ini sejalan dengan persyaratan pelatihan militer dan pemeliharaan sistem pertahanan. Selain itu, kapal USV dapat digunakan untuk observasi dan pembelajaran musuh di wilayah lintas udara.

- **Operasi Pengawasan dan Penyelamatan**

Industri penerbangan membutuhkan teknologi untuk pengawasan yang dapat berfungsi dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Di samping itu, untuk memantau dan memastikan bahwa tidak terjadi masalah tak terduga yang menyebabkan kerugian diperlukan ketahanan dan ketepatan.

- **Kapal Riset dan Penelitian**

Sebagai alat penelitian, USV dilengkapi dengan beberapa sensor

yang diperlukan. Di samping itu USV dapat menyediakan peralatan yang diperlukan untuk operasi jangka panjang. Selanjutnya, USV akan meneruskan tugasnya sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan dan melakukan pengumpulan data secara menyeluruh, mungkin di lokasi – lokasi yang kadang sulit dijangkau.

- **Kebutuhan Survey Hidrografi**

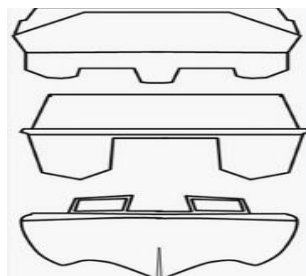
USV dilengkapi dengan sistem kontrol untuk melakukan pengawasan hidrografi. Ini membantu para surveyor dalam tugasnya. USV digunakan dalam survei hidrografi untuk berbaring dalam waktu lama dengan putaran bolak – balik yang sering kali menjamin keselamatan surveyor. Dapat membantu mengurangi risiko kegagalan surveyor dengan menerapkan sistem pengendalian jarak jauh.

- **Aplikasi Komersial**

Di sektor komersial, seperti industri gas, minyak, dan perikanan, serta sektor komersial lainnya. Penggunaan USV sangat penting dalam proses pengumpulan data. Dalam hal ini, USV digunakan dalam bentuk deteksi, pemeliharaan, dan rutinisasi. USV digunakan dalam industri gas dan minyak bumi untuk mendeteksi minyak tumpah dan minyak tumpah lainnya pada saat minyak tumpah.

2.9 Kapal Katamaran

Katamaran adalah jenis kapal multi – lambung yang dapat mengakomodasi kebutuhan besar stabilitas, hambatan, dan ruang muat dalam satu kapal. Kapal berbentuk lambung yang efektif akan berdampak pada hambatan yang diuji sehingga operasional dan pergerakan kapal menjadi lebih efektif. (Basir Dkk, 2015).



Gambar 2.2 Kapal dengan lambung katamaran

Sumber : google.com

2.10 Keunggulan Lambung Katamaran

Terlihat bahwa kapal dengan dua lambung (Katamaran) merupakan salah satu jenis lambung yang dapat mengurangi hambatan yang mungkin terlibat dalam proses tersebut. Namun kapal dengan desain ini juga sering digunakan oleh beberapa kapal karena memiliki keunggulan – keunggulan jika dibandingkan dengan desain kapal lain. Berikut beberapa keunggulannya :

1. Stabilitas Yang Lebih Baik

- Katamaran memiliki dua lambung yang memberikan stabilitas lebih tinggi dibandingkan kapal monohull.
- Lebih tahan terhadap guncangan ombak, mengurangi efek mabuk laut bagi penumpang.

2. Daya Apung Yang Lebih Besar

- Dengan dua lambung, katamaran memiliki volume lebih besar dan lebih sulit untuk tenggelam.
- Cocok untuk kapal penumpang, yacht, dan kapal penelitian.

3. Hambatan Gelombang Lebih Rendah

- Dengan desain lambung yang lebih ramping, katamaran memiliki hambatan gelombang yang lebih kecil, sehingga lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar.
- Kecepatan lebih tinggi dibandingkan kapal monohull dengan daya mesin yang sama.

4. Ruang Dek Yang lebih Luas

- Karena lebarnya, katamaran memiliki dek yang lebih luas, meningkatkan kenyamanan dan kapasitas muatan.
- Banyak digunakan dalam kapal ferry dan kapal wisata.

5. Draft (Sarat Air) Yang Rendah

- *Draft* yang lebih kecil memungkinkan katamaran beroperasi di perairan dangkal, seperti di laguna atau dekat pantai.

2.11 Kekurangan Lambung Katamaran

Meski memiliki kelebihan tertentu, kapal berdesain katamaran juga memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan ini berkaitan dengan dua lambung yang ada, oleh karena itu sebelum menggunakan kapal dengan desain ini, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait kapal dengan desain ini. Diantaranya:

1. Manuver Yang Kurang Lincah

- Dengan dua lambung, katamaran memiliki radius putar yang lebih besar, membuatnya kurang gesit dibanding kapal monohull.

2. Biaya Pembuatan Lebih Mahal

- Desain dan konstruksi katamaran lebih kompleks, sehingga biaya pembuatannya lebih tinggi.
- Memerlukan lebih banyak material dibandingkan kapal monohull.

3. Sulit Dalam Docking Dan Sandar

- Lebarnya membuat katamaran membutuhkan dermaga atau tempat sandar yang lebih besar, yang tidak selalu tersedia di pelabuhan umum.

4. Rentan Terhadap Beban Tidak Seimbang

- Distribusi beban harus diperhatikan agar kedua lambung tetap seimbang, terutama dalam kapal kargo atau kapal angkut.

5. Risiko Kerusakan Pada Perairan Bergelombang Tinggi

- Pada kondisi gelombang tinggi, tekanan antara dua lambung dapat menyebabkan tegangan struktural yang lebih besar dibanding kapal monohull.

Kesimpulannya lambung katamaran sangat unggul dalam stabilitas, efisiensi bahan bakar, dan daya apung, menjadikannya ideal untuk kapal penumpang, wisata, dan penelitian. Namun kekurangannya meliputi biaya yang lebih mahal, manuver yang kurang gesit, dan kesulitan dalam sandar. Pemilihan desain katamaran harus mempertimbangkan kebutuhan operasional dan kondisi perairan tempat kapal akan beroperasi.

2.12 Hambatan Kapal

Hambatan pada kapal adalah gaya yang menahan laju kapal saat bergerak melalui air, yang harus dilawan oleh tenaga dorong agar kapal dapat melaju dengan kecepatan yang diinginkan. Hambatan ini timbul akibat interaksi antara badan kapal dan air di sekitarnya, serta dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti bentuk lambung, kecepalan kapal, dan kondisi permukaan kapal, pembentukan gelombang di sekitar kapal, serta tekanan yang terjadi akibat aliran air yang tidak merata. Selain itu, hambatan juga bisa ditimbulkan oleh angin yang menabrak bagian atas kapal, terutama pada kapal yang memiliki struktur tinggi seperti kapal penumpang atau kapal kargo. Hambatan menjadi aspek penting dalam desain dan operasional kapal karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi bahan bakar dan performa pelayaran. Semakin besar hambatan yang dihadapi, semakin besar pula tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal, sehingga pemahaman tentang hambatan sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan pelayaran.

Resistensi dihitung menggunakan *software Maxsurf* menggunakan metode Holtrop. Drag keseluruhan kapal dapat dibagi menjadi tiga area: *viscous drag* (R_v), *wave drag* (R_w), dan *drag* (R_a). Perannya sering diabaikan karena nilai drag sangat kecil, terhitung sekitar 4% dari total *drag*.

2.13 Regulasi pada Kapal Tanpa Awak USV (*Unmanned Surface Vehicle*)

Kapal tanpa awak atau *Unmanned Surface Vehicle* (USV) semakin berkembang dalam berbagai aplikasi, termasuk militer, survei maritim, penelitian, dan logistik. Namun, pengoperasian USV masih menghadapi tantangan regulasi karena humuk maritim tradisional dirancang untuk kapal dengan awak. Berikut adalah beberapa regulasi utama yang mengatur kapal tanpa awak:

1. Konvensi dan Regulasi Internasional

Beberapa organisasi internasional telah mulai mengembangkan regulasi untuk USV, tetapi banyak aturan masih dalam tahap pembaruan.

a. IMO (*International Maritime Organization*)

IMO adalah badan utama yang mengatur keselamatan dan operasional kapal di laut. Beberapa aturan yang relevan untuk kapal tanpa awak:

- **COLREGs (*Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*)**
 - Mengatur aturan navigasi untuk menghindari tabrakan di laut.
 - USV harus dapat mematuhi aturan ini, misalnya dengan sistem AI atau operator jarak jauh yang mengontrol navigasi.

2. **Regulasi Berdasarkan Negara**

Karena regulasi global masih berkembang, beberapa negara telah menetapkan aturan khusus untuk USV di perairan mereka:

- a. **Amerika Serikat (*US Coast Guard & MARAD*)**
 - *US Coast Guard* (USCG) sedang mengembangkan aturan mengenai sertifikasi dan keselamatan USV.
 - *MARAD (Maritime Administration)* mendukung uji coba kapal otonom untuk aplikasi sipil dan militer.
- b. **Uni Eropa (*European Maritime Safety Agency – EMSA*)**
 - EMSA sedang mengevaluasi bagaimana kapal tanpa awak dapat beroperasi dalam aturan maritim yang ada
 - Beberapa negara seperti Norwegia sudah mengizinkan pengoperasian USV dalam uji coba terbatas.
- c. **Inggris (*UK Maritime & CoastGuard Agency – MCA*)**
 - MCA telah mengeluarkan panduan operasional untuk USV, termasuk standar komunikasi dan kontrol jarak jauh.
- d. **Jepang & Korea Selatan**
 - Kedua negara ini telah mulai menguji dan mengembangkan regulasi khusus untuk pelayaran otonom, terutama untuk transportasi logistik dan penelitian laut.

Kesimpulannya regulasi untuk kapal tanpa awak masih dalam tahap perkembangan diberbagai negara, termasuk Indonesia. Diperlukan kerangka regulasi yang komprehensif untuk memastikan operasional kapal tanpa awak berjalan dengan aman dan sesuai dengan standar internasional

2.14 Deck Wetness Kapal

Deck Wetness adalah kondisi ketika gelombang dengan amplitudo tinggi menyebabkan air masuk ke geladak kapal, yang dapat memengaruhi aspek keselamatan pelayaran. Semakin tinggi amplitudo gelombang, semakin besar pula kemungkinan air naik ke atas dek.

Untuk mengatasi masalah Deck Wetness, terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan. Pertama, dengan meningkatkan tinggi *freeboard* kapal. Alternatif lainnya adalah merancang bagian dek depan agar mampu mengalirkan air dalam jumlah besar secara efisien dan aman, salah satunya melalui penerapan *camber* yang tepat.

2.15 Standar Pengukuran Batimetri Menurut IHO Edisi ke-4, SP 44 Tahun 1998

Berdasarkan data kedalaman serta koordinat Longitude dan Latitude, dilakukan pula verifikasi kedalaman dengan mengacu pada IHO Standards for Hydrographic Surveys edisi ke-4, April 1998.

Tingkat akurasi data kedalaman yang diperoleh dari hasil pengukuran dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori atau orde pengukuran. Ketentuan-ketentuan tersebut dijelaskan dalam IHO Standards for Hydrographic Surveys edisi ke-4, April 1998, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.1. Tabel 2.1 Standar Pengukuran Batimetri Menurut *IHO Standards For Hydrographic Surveys 4th Edition*, April 1998.

Deskripsi		Orde Khusus	Order 1	Orde 2	Orde 3
Akurasi Horizontal		2m	5m + 5% dari kedalaman rata-rata	20m + 5% dari kedalaman rata-rata	150m + 5% dari kedalaman rata-rata
Akurasi Kedalaman		a = 0.25 m b = 0.0075	a = 0.5 m b = 0.013	a = 1.0 m b = 0.023	a = 1.0 m b = 0.023
Garis Pantai		10m	20m	20m	20m
Deskripsi		Orde Khusus	Order 1	Orde 2	Orde 3
Alat bantu navigasi terapung		10m	10m	20m	20m
Kenampakan topografi		10m	10m	20m	20m

Sumber : *IHO Standards For Hydrographic Surveys 4th Edition*, April 1998.

Catatan :

Nilai a dan b digunakan sebagai parameter acuan untuk menentukan batas toleransi kesalahan dalam proses pengukuran.

Berikut ini adalah rincian batas toleransi kesalahan pada kedalaman titik tetap (fix point) untuk jalur utama dan jalur silang:

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

Sumber : *IHO Standards For Hydrographic Surveys 4th Edition*, April 1998

Dimana :

a = Kesalahan independen mengacu pada jumlah kesalahan yang bersifat tetap.

- b = Faktor kesalahan kedalaman, yaitu jumlah kesalahan yang bersifat variatif atau tidak tetap.
- d = Kedalaman yang terukur.
- (bxd) = Kedalaman berdasarkan ketergantungan

Tabel 2.2 Klasifikasi Daerah Survei Hidrografi

	Kelas Orde	Deskripsi Area Survei
1	Orde Khusus	Daerah pengamatan berada dalam kondisi kritis (berbahaya) pada kedalaman hingga 40 meter. Wilayah dengan cakupan batimetri 100% yang memetakan keseluruhan wilayah dibawah lunas pada lambung kapal.
2	Orde 1a	Daerah – daerah bila jalur perairan cukup dangkal dengan daerah alami atau campuran tangan manusia di dasar perairan. 100% mencakup batimetri, meskipun tidak perlu mengulangi seluruh proses di bawah lambung kapal. Biasanya digunakan untuk alur pendek atau pelabuhan dan alur pelayaran, kedalaman 40 hingga 100 meter
3	Orde 1b	Area yang lebih dangkal dari 100 meter dimana pencarian dasar laut penuh tidak diperlukan jenis wilayah yang aman. Tidak diperlukan cakupan batimetri 100%
4	Orde 2	Daerah perairan yang lebih dalam dari 100 meter dimana gambaran umum dasar laut dianggap memadai. Wilayah ini dapat diperhitungkan sebagai perairan laut dalam

Sumber : *Standards for Hydrographics Surveys (IHO) 4th Edition, Special Publication No.44, 1998*

2.16 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya

No	Nama	Judul	Hasil
1	Ni Made Rai Ratih dkk, Institut Teknologi Rekayasa 2014	PEMBANGUNAN SISTEM PENENTUAN POSISI DAN NAVIGASI BERBASISKAN SISTEM <i>UNMANNED</i> <i>SURFACE VEHICLE</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperlukan modifikasi pada bagian bawah dan depan desain wahana apung. Wahana apung yang dikembangkan menunjukkan kinerja stabil dan kemampuan daya apung yang baik saat membawa beban, dengan kapasitas sekitar 8 kg pada kecepatan rata-rata 5 m/s. Durasi operasionalnya berkisar antara 1,5 hingga 2 jam, dan sistem navigasi telemetrinya mampu berfungsi hingga jarak 5 hingga 10 kilometer secara langsung, dengan tingkat keberhasilan transmisi data rata-rata di atas 90%. Meskipun

			wahana dapat bergerak secara otomatis menuju titik-titik waypoint yang telah ditentukan dan sistem pelacakan GPS bekerja dengan baik, fitur navigasi otomatis atau autopilot masih belum berfungsi secara optimal. Gerakan wahana masih belum stabil, karena masih mengalami olengan ke kiri dan kanan.
2	Chandra Kurniawan, Dkk Universitas Bengkulu 2022	RANCANG BANGUN PENGUKURAN BAWAH PERMUKAAN AIR DENGAN KENDALI REMOTE CONTROL DAN KOMUNIKASI WIRELESS NRD24L01	Dari penelitian ini didapatkan penggunaan kapal tanpa awak dengan bahan material dari kayu hanya untuk mengukur permukaan air dengan dalam maksimum hingga 7 meter dengan sensor sonar MB7067 dan jangkauan <i>wireless remote control</i> hanya mencapai maksimum 10 meter

3	Okta Ferriska, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017	SURVEI BATIMETRI DI PERAIRAN DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN WAHANA USV (<i>UNMANNED SURFACE VEHICLE</i>)	<p>Wahana USV bernama HIMAGE USV I telah berhasil dikembangkan.</p> <p>Wahana ini berbentuk kapal katamaran dengan dua lambung, dan dilengkapi dengan sensor akustik Humminbird Helix 5 CHIRP SI GPS G2. Penggerak utama wahana ini adalah satu buah baling-baling (propeller) berukuran 38 mm, dan pengoperasiannya dilakukan secara manual menggunakan remote control dengan jangkauan maksimal hingga 2500 meter. Selain itu, wahana ini juga dilengkapi dengan sistem alarm baterai serta pendingin motor untuk mencegah terjadinya panas berlebih (overheat) pada mesin penggerak.</p>
---	--	--	---

4	Wisnu Wahyu Wijonarko, Dkk Universitas Diponegoro 2016	KAJIAN PEMODELAN DASAR LAUT MENGUNAKAN SIDE SCAN SONAR DAN SINGLEBEAM ECHOSOUNDER	Model 3D dasar laut yang dihasilkan dari integrasi data SSS (Side Scan Sonar) dan SBES (Single Beam Echo Sounder) menggambarkan kondisi topografi dasar laut yang cenderung datar, dengan kedalaman berkisar antara 9 hingga 12 meter. Objek-objek di dasar laut dapat teridentifikasi dengan jelas melalui model ini. Perbandingan posisi objek antara hasil gabungan SSS-SBES dengan data MBES (Multibeam Echo Sounder) menunjukkan selisih jarak sebagai berikut: SPM sebesar 5,512 meter; P1: 3,178 meter; P2: 7,392 meter; P3: 8,362 meter; dan P4: 6,853 meter. Sementara itu, perbedaan kedalaman pada titik-titik tersebut adalah: P1 sebesar -0,9
---	--	---	--

			<p>meter; P2: -0,8 meter; P3: -1,3 meter; dan P4: -1,1 meter. Data kedalaman dari pengukuran SSS-SBES hanya tersedia di sepanjang jalur survei, sehingga tidak dapat menyajikan informasi kedalaman yang akurat di luar jalur tersebut. Mengacu pada standar IHO-SP44, hasil evaluasi terhadap titik-titik sampel menunjukkan bahwa 94% di antaranya memenuhi klasifikasi orde 1a, dan saat menggunakan data dari lintasan profil, sebesar 78,6% juga tergolong dalam orde 1a.</p>
--	--	--	--