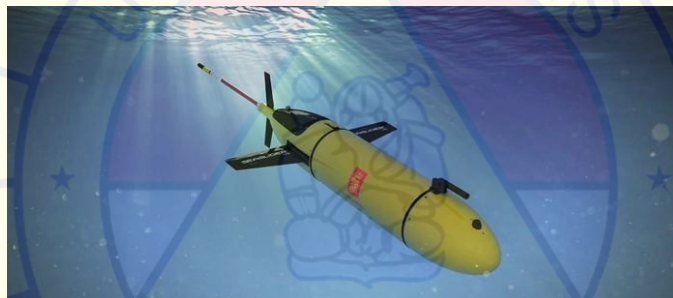


## BAB II

### LANDASAN TEORI

Saat ini pengembangan teknologi kapal selam diseluruh dunia sudah semakin canggih, teknologi ini sangat dibutuhkan karena dapat menjangkau daerah perairan dalam yang tidak bisa dijangkau oleh manusia. Kapal selam pertama kali dibuat pada tahun 1465 oleh seorang penemu bernama Keyser dari Nuremberg, Jerman merancang sebuah perahu yang dapat menyelam didalam air. Selanjutnya di tahun 1578 William Bourne seorang ahli matematika merancang sebuah kapal kedap air yang dilapisi oleh kulit, pada zaman tersebut kapal ini di desain dengan menggunakan pendayung sebagai penggeraknya karena belum ditemukan mesin. Namun rancangan ini tidak pernah diwujudkan dan hanya di tuangkan dalam buku *Invention Of Device*.



(Sumber: Katalog Seaglider M6 Koengsberg)

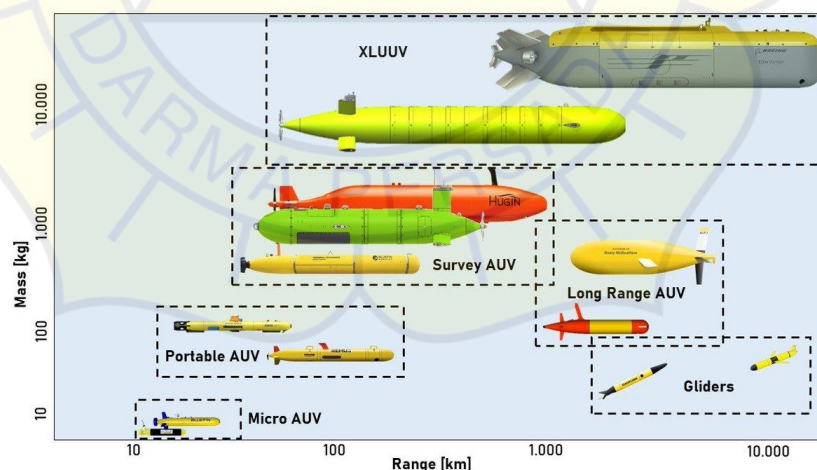
1 Gambar 2.1: *Seaglider*

Salah satu pengembangan teknologi kapal selam tercanggih saat ini adalah dengan pengembangan drone bawah laut. Drone bawah laut atau *seaglider* merupakan kapal selam autonomus (*Autonomous Underwater Vehicle* atau AUV) yang dapat menyelam ke dalam laut dengan kedalaman tertentu yang dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama hingga berbulan bulan dan dapat dilakukan dengan jarak tempuh yang jauh. Seaglider pertama kali dikembangkan di *University Of Washington* dan mendapatkan lisensi produksi pada bulan Juni tahun 2008. Drone bawah laut kini marak digunakan di negara negara maju seperti Amerika, Russia, China, Jerman, dan negara maju lainnya khususnya untuk kepentingan militer. Namun

diluar kepentingan militer teknologi banyak digunakan untuk berbagai seperti drone yang dibuat khusus untuk membersihkan minyak yang tumpeng di bawah laut, drone yang digunakan untuk mencari dan mengambil bangkai kapal yang tenggelam, drone yang digunakan untuk pengamatan dan penelitian bawah laut, drone yang digunakan untuk mereparasi konstruksi bangunan lepas pantai di kedalaman yang hanya sedikit manusia yang dapat melakukannya, dan masih banyak lagi yang lainnya.

Autonomus Underwater Vehicle merupakan sebuah teknologi dimana kapal selam dapat beroperasi secara mandiri dibawah laut dalam jangka waktu yang lama tanpa kendali langsung dari manusia. Teknologi ini dapat berkerja dengan baik dengan adanya sistem *Artificial Intelligence (AI)* atau sistem kecerdasan buatan yang memungkinkan kapal tersebut dapat beroperasi dengan baik. AUV saat ini banyak digunakan karena dapat melakukan pengamatan jarak dekat didalam laut misalnya operasi pertambangan, pengamatan terumbu karang, pengamatan hewan laut, eksplorasi minyak lepas pantai, membantu pencarian kapal yang tenggelam, dan masih banyak lagi lainnya.

*Autonomous Underwater Vehicle* memiliki berbagai jenis tergantung fungsi, kelas, dan teknologi didalamnya, beberapa diantaranya adalah:



(Sumber: Journal *Improving Resource Management for Unattended Observation of the Marginal Ice zone Using Autoomous Underwater Gliders*)

2Gambar 2.2: Klasifikasi Underwater Vehicle

1. *Extra-Large Unmanned Underwater Vehicle (XLUUV)*

*Extra-Large Unmanned Underwater Vehicle* atau XLUUV merupakan sebuah Unmanned Underwater Vehicle yang memiliki ukuran yang besar menyerupai kapal selam berawak pada umumnya, namun untuk XLUUV bisa ditempatkan kru bisa juga tidak. Salah satu faktor pembeda dari XLUUV ini adalah XLUUV mampu menampung muatan yang cukup banyak untuk dikirim melalui perairan bawah laut.

2. *Survey AUV*

Jenis AUV ini biasanya digunakan untuk survey bagaimana keadaan di bawah laut, seperti contohnya survey untuk *pipeline inspection* bawah laut yang biasanya digunakan untuk bangunan lepas pantai.

3. *Long Range AUV*

Long range autonomous underwater vehicle digunakan untuk melakukan memenuhi kebutuhan yang berkaitan dengan eksperimen biologis dan kimia dibawah laut dengan menyediakan platform yang mampu mengambil sample di bawah laut. Daya tahan LRAUV lebih besar dibanding jenis AUV lain karena AUV jenis ini harus *standby* dibawah laut dalam jangka waktu yang cukup lama untuk merecord peristiwa biologis yang terjadi dan fleksibilitas untuk merespon peristiwa peristiwa yang terjadi di sekitarnya.

4. *Portable AUV*

*Portable AUV* digunakan untuk keperluan pertahanan dan keamanan bawah laut. Alat ini memungkinkan untuk melakukan pendeteksian dan penyelidikan bawah laut dengan tanda akustik dan magnetiknya yang diminimalkan agar tidak memicu ranjau bawah laut saat melakukan survei penempatan ranjau saat terjadi perang.

5. *Micro AUV*

*Micro AUV* adalah jenis *AUV* yang berukuran kecil, berbanding terbalik dengan *Extra Large Unmanned Underwater Vehicle* yang memiliki ukuran sangat besar. *Micro AUV* di design untuk keperluan penelitian, industry, dan pertahanan bawah laut.

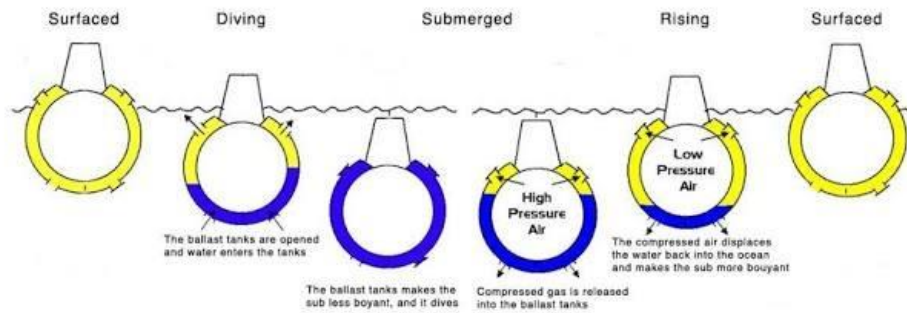
6. *Gliders*

*Glider* merupakan jenis *AUV* yang digunakan untuk pengambilan data dengan sensor yang sudah di install didalamnya, alat ini bergerak dengan menggunakan sensor navigasi dan buoyancy. *Seaglider* dapat mengambil data berupa kedalaman laut, kadar oxygen, klorofil dan kadar garam. *Gliders* dibagi menjadi tiga tipe, yaitu: *seaglider*, *spray*, dan *slocum*.

2.1 Perbandingan Cara Kerja Autonomous Underwater Vehicle dengan Underwater Gliders

*AUV* cenderung melakukan operasi di area area berbahaya yang sulit bagi manusia untuk melakukannya, *AUV* sendiri juga memiliki daya tahan yang lebih kuat dari manusia karena dapat melakukan opsinya selama beberapa bulan nonstop. Pada dasarnya untuk cara kerja *AUV* hampir sama dengan kapal pada umumnya kecuali sistem *AI* dan sistem ballast untuk keperluan menyelam dan naik ke permukaan.

Untuk dapat menahan tekanan air saat menyelam, *AUV* membutuhkan *pressure hull* yang dapat menahan tekanan air yang terjadi diluar kapal, maupun di dalam tangka *ballast* kapal. Saat akan menyelam tangki ballast akan terbuka dan air akan masuk kedalam tanki ballast sehingga tangki akan terisi penuh dan mengakibatkan massa kapal menjadi lebih berat dari pada air, sehingga kapal dapat tenggelam. saat akan naik ke permukaan *air vent* akan memasukan udara kedalam tanki ballast dan udara bertekanan yang keluar dari vent akan mendorong air keluar dari tangki.



(Sumber: <https://www.quora.com/How-do-submarines-maintain-depth>)

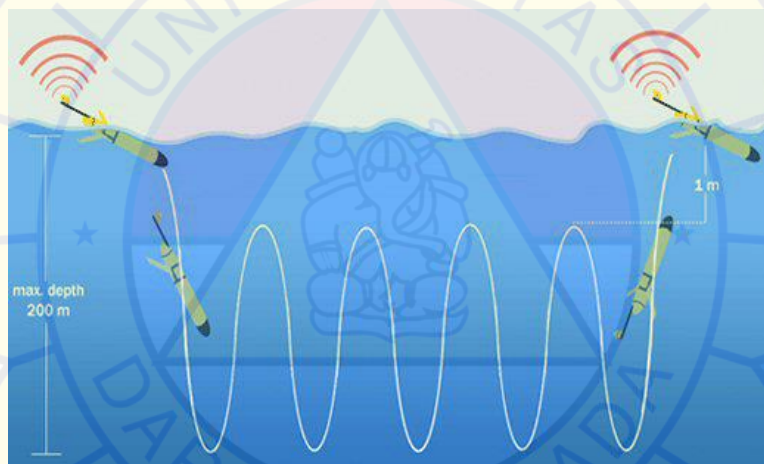
3Gambar 2.3: Proses tenggelamnya UV

Untuk mendapatkan *neutral buoyancy* tanki harus diisi dengan komposisi air dan tekanan udara yang tepat agar kapal dapat bergerak dengan stabil. Saat sudah mendapatkan *neutral buoyancy* kapal selam biasanya menggunakan diving plane yang berada sisi belakang kapal untuk mengatur *pitch* atau arah kapal selam dan mengatur ketinggian dan kedalamannya. Saat berada didalam laut kapal selam akan sulit melakukan komunikasi dengan pihak luar karena minimnya jaringan yang dapat di tangkap oleh kapal. Oleh karena itu sampai saat ini kapal selam masih melakukan komunikasi dengan radio.berbeda halnya dengan *Autonomous Underwater Vehicle* akan langsung menangkap data seperti gambar, data temperatur, sensor radar, dan lain lain. Setelah itu langsung dikirimkan melalui satelit ke kantor pemantauan yang berada di darat. Khusus untuk dokumentasi gambar maupun video akan mendapatkan akses penuh saat didarat karena rata rata hanya data berukuran kecil yang dapat dikirim dari kapal selam ke satelit. Beberapa standar radio yang biasa digunakan di kapal selam adalah:

Tabel 1: 2.1: Standart spesifikasi radio yang digunakan UV

No	Standart	frequency	Data Rate
1	IEEE 802.11g	2,4Hz	54 Mbps
2	IEEE 802.15.4	2,4 Hz	250 kbps
3	IEEE 802.15.4	868/915 MHz	40 kbps
4	IEEE 802.11b	2,4 Hz	11 Mbps

Sedangkan *glider* atau *underwater glider* berkerja dengan cara memanfaatkan stabilitas kapal (*buoyancy*) yang terjadi saat kapal menyelam maupun saat seaglider akan naik ke permukaan. Secara teknis seaglider bergerak dengan memanfaatkan sensor navigasi yang sudah di pasang dengan cara mengukur kedalaman laut dan mendeteksi dasar laut, setelah mendapatkan sinyal dari sensor bahwa kapal sudah mendekati dasar laut, pompa ballast yang ada di bagian terdepan dan belakang kapal akan terisi dengan menyesuaikan olah gerak dan keseimbangan kapal. Sensor untuk pompa ballast dapat mendeteksi berapa volume air yang dibutuhkan untuk dapat menaikkan atau mendorong kapal naik ke permukaan ataupun mendorong kapal untuk menyelam berdasarkan titik berat kapal dan titik stabilitas atau *buoyancy*. Maka dari itu seagliders dapat dikatakan bergerak berdasarkan stabilitas atau *buoyancy* dari *glider* tersebut.



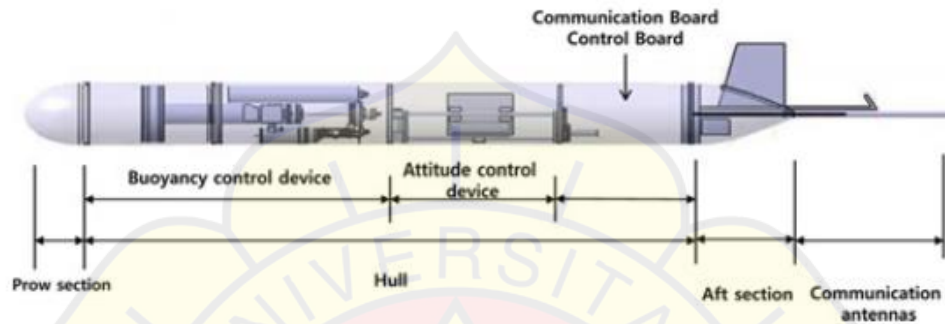
(Sumber: <https://noc.ac.uk/facilities/marine-autonomous-robotic-systems/gliders>)

4Gambar 2.4: Gerakan *underwater glider*

Gerakan yang dihasilkan dari metode ini mirip dengan gelombang longitudinal. Dengan Gerakan tersebut *glider* dapat mengirimkan data selama satu periode gerakannya saat menyelam dan bergerak keatas. Data tersebut akan dikirimkan melalui antenna yang ada di belakang atau ekor *glider*. Saat *glider* sampai di permukaan dan akan menukik. Kembali untuk menyelam, antenna di bagian belakang akan menghadap ke atas (permukaan laut) saat proses menukik itu, akan mengirimkan sinyal ke satelit dan ke kapal peneliti atau pun dari satelit akan langsung dikirimkan ke kantor pusat penelitian yang ada di darat melalui sistem

satelit dan antenna yang sudah di pasang. Data bisa didapatkan secara real time dan terus menerus sesuai dengan periode pelayaran *glider*. Teknologi tersebut memungkinkan seaglider untuk berlayar selama berbulan bulan

## 2.2. Komponen Komponen Underwater Gliders



(Sumber: Journal *New Buoyancy Engine for Autonomous Vehicle Observing Deeper Oceans*)

5Gambar 2.5: Komponen dalam *Underwater Glider*

Underwater glider memiliki 6 komponen utama yaitu:

### 1. *Oil Bladder*

*Oil bladder* atau katup oli merupakan sebuah katup elastis jenis tas Flexi yang digunakan sebagai wadah bahan bakar. Mereka adalah kantung kemih penyimpanan fleksibel yang dapat dilipat (juga dikenal sebagai tangki) yang menyediakan transportasi dan penyimpanan (sementara atau jangka panjang) untuk cairan industri massal seperti bahan bakar.



(Sumber: <https://oceanexplorer.noaa.gov/>)

6 Gambar 2.6: Gambar *Oil Bladder* di dalam *Underwater Glider*

Ukuran tangki bahan bakar kantung kemih standar berkisar dari 100 galon AS (380 L) hingga kapasitas 200.000 galon AS (760.000 L) dan lebih besar. Kantung dan sel penyimpanan bahan bakar khusus tersedia, meskipun pada ukuran melebihi 50.000 galon AS (190.000 L) ada peningkatan risiko tumpahan. Untuk meminimalkan risiko kebocoran, dan demi menahan tumpahan katastrofik, semua kantung bahan bakar harus ditempatkan di penahan sekunder (bundling). Penggunaan kantung bahan bakar tanpa tindakan pencegahan berisiko dan tidak boleh dilakukan. EPA telah menetapkan pedoman yang jelas untuk penggunaan penahanan sekunder mengenai kantung bahan bakar dan mengenakan denda untuk pemakaian bahan bakar ke lingkungan.

## 2. *Pressure Hull*

*Pressure hull* merupakan sebuah hull tambahan yang melindungi semua komponen didalamnya. Di dalam lambung luar terdapat lambung yang kuat, atau lambung bertekanan, yang tahan terhadap tekanan luar dan memiliki tekanan atmosfer normal di dalam. Lambung bertekanan umumnya dibuat dari baja tebal berkekuatan tinggi dengan struktur kaku yang kompleks dan cadangan kekuatan tinggi, dan dibagi dengan sekat kedap air menjadi beberapa kompartemen.





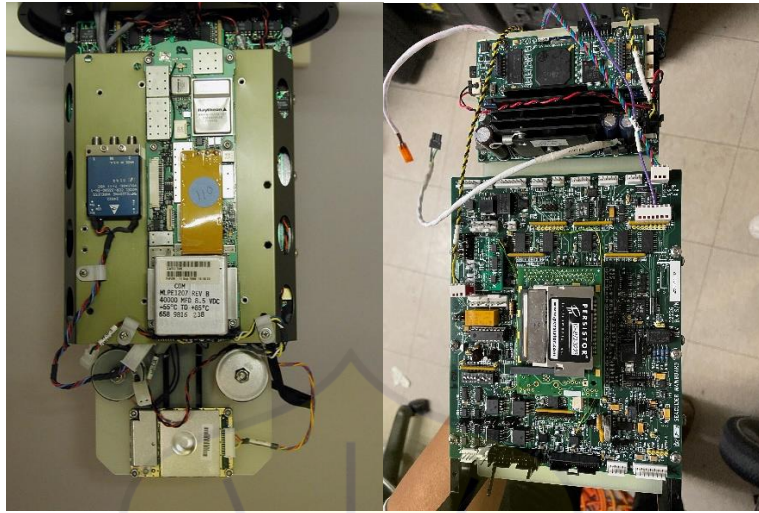
(Sumber: <https://oceanexplorer.noaa.gov/>)

7 Gambar 2.7: Gambar *pressure hull*

Lambung bertekanan dan lambung ringan dipisahkan oleh celah di mana banyak elemen struktur baja menghubungkan lambung ringan dan lambung tekan dan membentuk struktur tiga dimensi yang memberikan peningkatan kekuatan dan stabilitas tekuk. Ruang antar lambung digunakan untuk beberapa peralatan yang dapat mentolerir tekanan eksternal yang tinggi pada kedalaman maksimum dan paparan air. Peralatan ini berbeda secara signifikan antara kapal selam, dan umumnya mencakup berbagai tangki air dan udara. Dalam kapal selam lambung tunggal, lambung ringan terputus-putus dan ada terutama di haluan dan buritan.

### 3. *System Control Board*

Control board merupakan “otak” dari seaglider yang berisi sistem sensor dan memori dari *underwater glider*. *System Control Board* berisi perangkat keras atau program perangkat lunak yang mengelola atau mengarahkan aliran data antara dua entitas. Dalam komputasi, pengontrol dapat berupa kartu, microchip, atau perangkat keras terpisah untuk mengontrol perangkat peripheral.

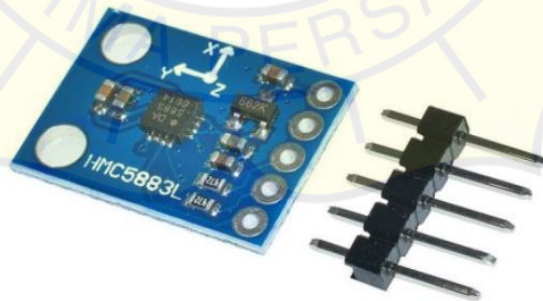


(Sumber: <https://oceanexplorer.noaa.gov/>)

8 Gambar 2.8: *Control Board System*

#### 4. 3 Axis Compass

Merupakan alat yang berfungsi untuk memberikan arah yang benar terhadap kutub magnet utara dan selatan bumi. Jarum yang ada di kompas selalu menunjuk ke arah utara geometris Bumi. Perangkat ini menggunakan prinsip magnetisme untuk pengoperasiannya. 3 Axis Compass memungkinkan pengukuran medan magnet dalam 3 sumbu tegak lurus.



(Sumber: HMC5883L Catalogue)

9 Gambar 2.9: *3 Axis Compass*



disebabkan oleh ionosfer dan troposfer. Dengan informasi tentang jangkauan ke tiga satelit dan lokasi satelit saat sinyal dikirim, penerima dapat menghitung posisi tiga dimensinya sendiri. Jam atom yang disinkronkan ke GPS diperlukan untuk menghitung rentang dari ketiga sinyal ini. Namun, dengan mengambil pengukuran dari satelit keempat, penerima menghindari kebutuhan akan jam atom. Dengan demikian, penerima menggunakan empat satelit untuk menghitung garis lintang, garis bujur, ketinggian, dan waktu.

#### 6. Lithium Battery

Baterai *ion lithium* merupakan salah satu jenis baterai yang dapat diisi ulang atau *rechargeable*. *Lithium* merupakan logam alkali yang bersifat sangat reaktif selain itu material yang dipakai dalam pembuatan baterai lithium ini juga meliputi katode-katode LPF (*Lithium Iron Phosphate*), LMO (*Lithium Manganese Oxide*), NCM (*Nickel Cobalt Manganese*), NCA (*Nikel Cobalt Aluminum Oxide*), LCO (*Lithium Cobaltate*).



(Sumber: <https://oceanexplorer.noaa.gov>)

11 Gambar 2.11: Gambar *Lithium Battery*

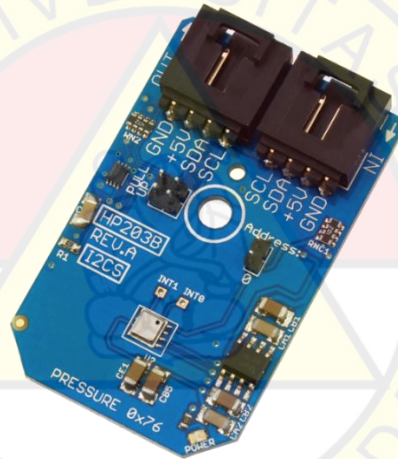
Pada saat proses *charge ion litium* bergerak dari katode ke dalam anoda yang berbentuk layer-layer grafit. Sebaliknya, saat proses *discharge ion litium* akan bergerak dari anoda

grafit ke katoda yang biasanya berupa senyawa *litium* dengan *oksida* logam transisi. Baterai *litium* 10 kali awet dari pada baterai lead-acid. Baterai *litium* dapat bertahan hingga 5 tahun atau lebih dengan pemakaian normal.

Berikut merupakan beberapa jenis sensor yang dapat ditanamkan di dalam seaglider:

1. Alimeter

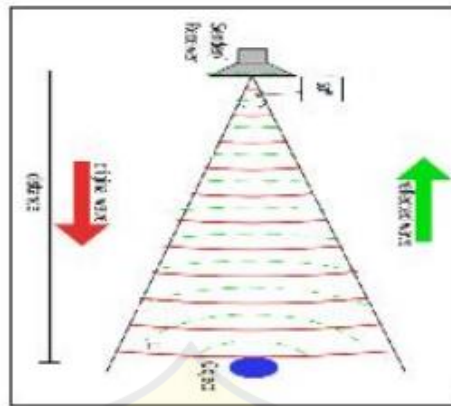
Altimeter pada dasarnya adalah perangkat yang mengukur ketinggian dan jarak suatu lokasi di atas permukaan laut. Kebanyakan altimeter adalah barometrik, artinya mereka mengukur ketinggian dengan menghitung tekanan udara di lokasi tersebut. Tekanan udara berkurang seiring dengan bertambahnya ketinggian.



(Sumber: HP203B Precision Barometer and Alimeter Sensor I2C Mini Module Catalogue)

12 Gambar 2.12: Gambar alimeter

Berbeda dengan altimeter yang beroperasi diatas laut, ada juga altimeter yang beroperasi didalam permukaan laut. Perangkat ini berkerja dengan cara mengirimkan gelombang suara ke air melalui transduser. Gelombang suara memantulkan dari objek seperti dasar laut, terumbu karang, benda di bawah laut, ikan, dll yang dideteksi oleh *transduser*. Gema akan di tafsirkan dan datanya akan di simpan di memori.

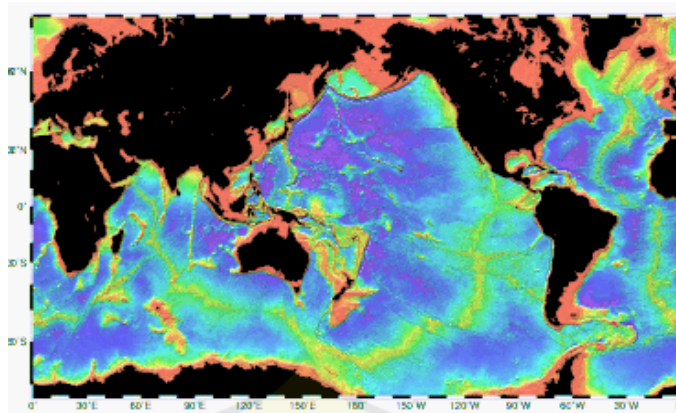


(Sumber: Google)

13 Gambar 2.13: Ilustrasi cara kerja alimeter

## 2. Bathymetry Map

*Bathymetry* merupakan sebuah alat atau sensor yang dapat memproyeksikan hipsometri atau topografi dibawah laut, danau, maupun sungai. Bagan batimetri (atau hidrografi) biasanya dibuat untuk mendukung keselamatan navigasi permukaan atau bawah permukaan, dan biasanya menunjukkan relief dasar laut atau medan sebagai garis kontur (disebut kontur kedalaman atau isobath) dan kedalaman tertentu (suara), dan biasanya juga menyediakan navigasi permukaan dan informasi. Peta batimetri juga dapat menggunakan Model Medan Digital dan teknik iluminasi buatan untuk menggambarkan kedalaman yang digambarkan. Batimetri global terkadang dikombinasikan dengan data topografi untuk menghasilkan model relief global.

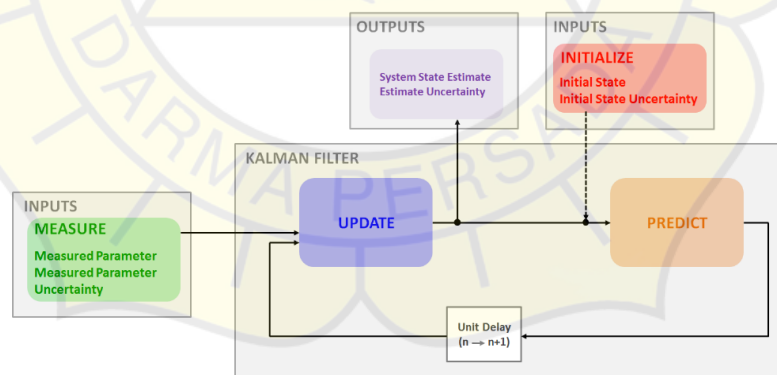


(Sumber: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/sea-surface-topography>)

14 Gambar 2.14: Hasil Bathymetry

### 3. Kalman Filter

Kalman Filter mulanya adalah sebuah solusi rekursif yang berbentuk algoritma pemrosesan data yang digunakan untuk menyelesaikan masalah filter dalam data diskret yang diterbitkan oleh R.E Kalman pada tahun 1960. Kalman filter berguna untuk pendugaan optimal (minim eror) pada suatu sistem dinamis yang melibatkan derau acak.



15 Gambar 2.15: Skema Kalman filter

Kalman Filter telah digunakan secara luas oleh berbagai bidang dan sistem seperti contohnya; navigasi satelit, pengontrol tembakan, radar, trayek rudal basilik, sistem

tracking pada video dan laser. Meskipun Kalman filter telah banyak digunakan teori matematika dibalik Kalman filter tidak terlalu dimengerti karena output yang dikeluarkan hanya algoritmanya saja tanpa mengetahui asal usul dari algoritma tersebut.

Namun, secara umum algoritma kalman filter bermula dari pendugaan kuadrat kecil dengan mengikuti beberangkah penurunan seperti:

1. Deskripsi matematis dari suatu sistem dinamis yang akan diduga atau diprediksi.
2. Menerapkan persamaan yang mendeskripsikan rata rata dari keadaan yang diteliti dan kovariasinya merambat sesuai dengan waktu.
3. Pilih sistem dinamis yang menggambarkan perambatan rata rata dan konvarsiasi keadaan tersebut kemudian menerapkan persamaan yang diperoleh. Persamaan ini merupakan dasar dari penurunan Kalman Filter, sebab rata rata dari keadaan tersebut merupakan pendugaan Kalman Filter.
4. Setiap hasil pengukuran yang diperoleh, maka rata rata konvariasinya akan diperbaharui secara rekusif.

#### 4. ADCP

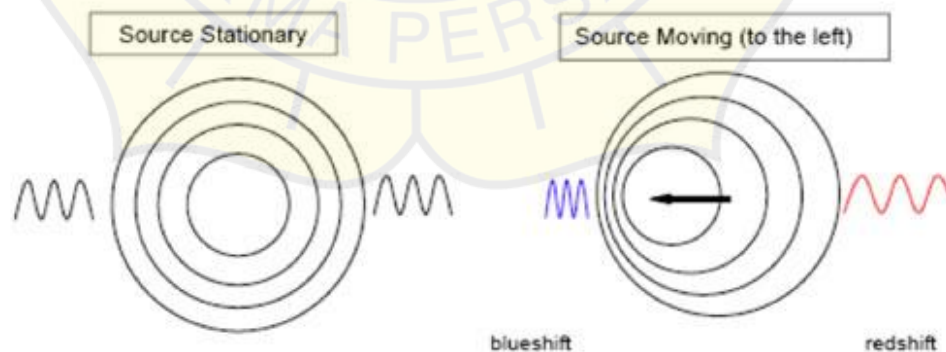
*Acoustic Doppler Current Profiler* atau yang biasa disingkat ADCP merupakan alat ukur kecepatan air dengan teknologi tinggi. ADCP menggunakan sonar sebagai alat pendeteksinya dan mempunyai akurasi yang tinggi. Informasi yang dapat diambil oleh alat tersebut adalah besar dan arah arus air hingga 128 titik di kolom air degan maksimal kedalaman pengukuran mencapai beberapa ratus meter tergantung pada frekuensi suara yang digunakannya. ADCP juga dapat memberikan informasi berupa suhu laut, lintas kapal, bahkan topografi dasar laut yang dapat yangsung dikirimkan ke *Global Positioning System* (GPS). Terdapat beberapa jenis konfigurasi ADCP yaitu:

- *Direct Reading ACDP* (RD-ACDP): RD-ADCP dioperasikan dari kapal atau perahu dan dihubungkan langsung ke computer sehingga hasil pengukuran dapat diamati secara langsung.



- *Hull-Mounted ADCP* : Merupakan tipe ADCP yang terpasang permanen di kapal dan pengoperasiannya sama dengan *Direct Reading ADCP*.
- *Mooring ADCP* : untuk pengukuran arus pada suatu titik tetap pada jangka waktu tertentu. Hasil pengukuran direkam pada memory di alat tersebut.

ADCP berkerja dengan cara mentransmisikan gelombang dengan pola tertentu ke kolom air dan menerima pantulan yang disebabkan oleh partikle partikle yang ada di air. Informasi yang didapatkan akan dianalisa berdasarkan pergeseran frekuensi berdasarkan efek doppler. Teori doppler menjelaskan mengenai perubahan frekwensi gelombang yang berasal atau dipantulkan oleh objek yang bergerak. Apabila objek bergerak mendekati, maka gelombang suara tersebut akan makin tinggi frekuensinya dibandingkan dengan frekuensi asalnya. Apabila objeknya menjauhi, frekuensi gelombang yang diterima menjadi lebih rendah. Besarnya perbedaan frekuensi tersebut sebanding dengan kecepatan relatif antara ADCP dan partikel. Besarnya perbedaan nilai tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk komponen kecepatan arus.



16 Gambar 2.16: Ilustrasi cara kerja ADCP

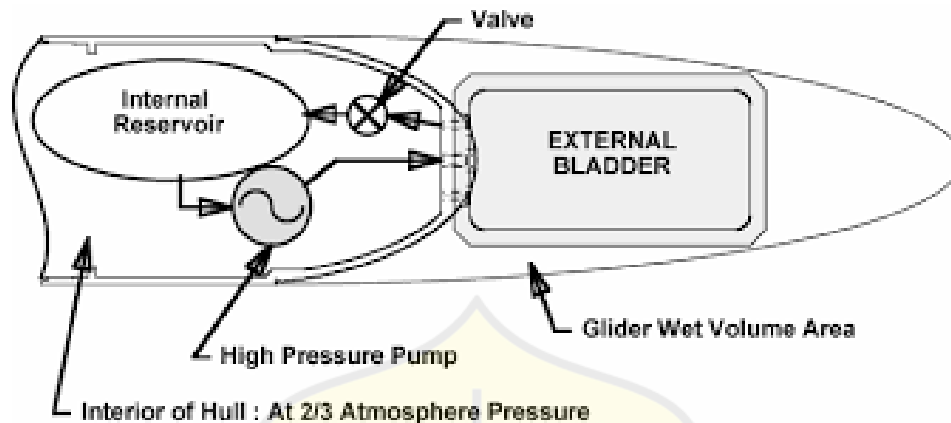
Walaupun memiliki tingkat akurasi yang tinggi ADCP juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang patut dipertimbangkan, yaitu:

NO	Kelebihan	Kekurangan
1	ADCP memiliki tingkat akurasi yang tinggi setara dengan pengukuran 128 current meter konvensional yang digunakan secara bersamaan	ADCP tidak dapat berfungsi di air yang tidak jernih
2	Dapat mengukur arus vertical	Tidak dapat berfungsi bila tidak ada objek untuk memantulkan suara
3	ADCP dapat mengukur dengan selang waktu lebih pendek dari alat alat lainnya, yaitu 3 detik di kedalaman 30 sampai 35 m dibawah laut	

Sistem pada ADCP terbagi menjadi 2 bagian, yaitu:

- *Profilier*: Merupakan komponen penunjang dalam alat ukur. Bagian dari profilier terbagi menjadi beberapa komponen yaitu transducer, sensor suhu, Kompas, dan komponen elektronik pengolah sinyal.
- *Kontrol*: Bagian control meliputi *power supply*, komponen komunikasi elektronik, dan peranti lunak untuk mengontrol kinerja ADCP dan pengolahan data.

### 2.3. Buoyancy Engine



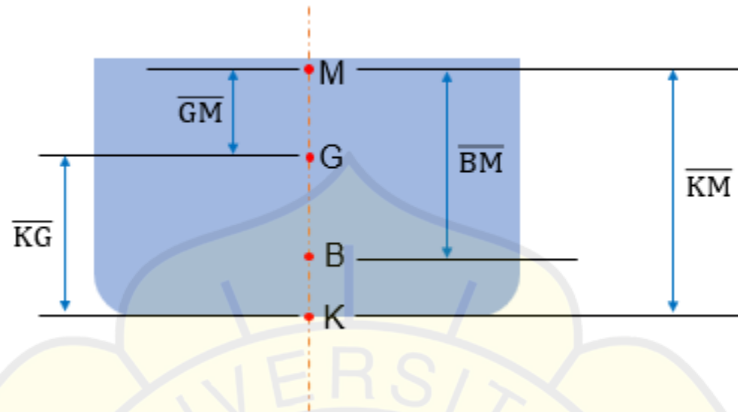
17 Gambar 2.17: Buoyancy Engine

Buoyancy engine merupakan sebuah mesin apung yang memanfaatkan gaya angkat air saat beroperasi di bawah laut. biasanya *buoyancy engine* menggunakan pompa hidraulik dan kantung kemih (*bladder*) eksternal yang diisi dengan cairan *fluida* atau angin, namun untuk *underwater glider* umumnya kantung kemih akan diisi dengan air. Perubahan volume total kendaraan mengubah daya apungnya, membuatnya mengapung ke atas atau tenggelam sesuai kebutuhan. Cara kerja sistem *buoyancy engine* ini adalah dengan memompa air masuk kedalam sebuah bejana berubungan dan menekan *fluida* yang berada di sisi A ke sisi B sehingga air masuk ke bladder. Proses memasukan dan mengeluarkan fluida dari kantung kemih hampir mirip dengan proses memasukan dan mengeluarkan cairan di tabung suntik.

### 2.4. Stabilitas

Stabilitas merupakan keseimbangan kapal, hal ini terkait dengan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula saat terkena gelombang atau angin. Stabilitas juga merupakan faktor kunci dalam memastikan kapal tetap seimbang. Ada dua faktor yang dapat mempengaruhi keseimbangan kapal yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal adalah faktor-faktor yang berhubungan dengan kapal itu sendiri, seperti ukuran kapal, layout, kebocoran karena tubrukan atau kandas. Awak kapal harus berhati-hati untuk menimbang dan mempertimbangkan lokasi dan berat muatan sebelum berlayar. Faktor eksternal adalah

hal-hal yang berasal dari luar kapal, seperti kondisi cuaca, ombak, dan badai. Faktor-faktor ini terkadang dapat menyebabkan kapal miring atau bahkan tenggelam.



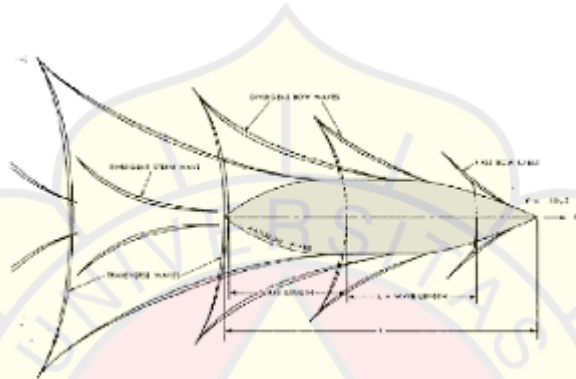
18 Gambar 2.18: Stabilitas kapal

Ada beberapa jenis stabilitas yang terjadi saat mengoperasikan kapal. Stabilitas kapal dibagi menjadi dua kategori, yaitu stabilitas dinamis dan stabilitas statis. Stabilitas statis mengacu pada stabilitas ketika kapal diam atau tidak berlayar. Stabilitas *longitudinal* dan stabilitas *transversal* juga termasuk dalam stabilitas statis. Stabilitas transversal adalah kemampuan kapal untuk mempertahankan stabilitas saat berayun dalam arah melintang. Stabilitas longitudinal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak lurus setelah bergoyang dalam arah membujur. Stabilitas dinamis adalah kemampuan kapal untuk tetap stabil di bawah guncangan mendadak. Goyangan awal kapal ini semakin membesar hingga menjadi masalah besar. Hal ini sering terjadi akibat badai atau pengaruh negatif dari GM. Tergantung pada situasinya, stabilitas dapat dibagi menjadi tiga jenis: stabilitas netral, stabilitas positif, dan stabilitas negatif.

## 2.5. Tahanan

Tahanan merupakan gerak berlawanan antara kapal dan arus air laut. Gerakan fluida yang mengakibatkan tahanan disebut juga dengan hidrodinamika. Gerak kapal adalah ortogonal

sepanjang tiga sumbu ( $x$ ,  $y$ , dan  $z$ ) yang ditempatkan sedemikian rupa sehingga pusat sumbu ke-8 berimpit dengan pusat gravitasi kapal. Bidang  $x$  dan  $y$  sejajar dengan permukaan bumi. Ketika sebuah kapal bergerak di laut, gerakan kapal tersebut akan menimbulkan gelombang. Ombak akan menyebabkan kapal mengalami hambatan. Jika kapal tidak bergerak, air di sekitarnya akan tenang. Gaya hambat pada kapal ( $=RT$ ) dapat dipecah menjadi beberapa komponen gaya hambat yaitu media air dan media udara.



19 Gambar 2.19: Ilustrasi tahanan dan gerak aliran

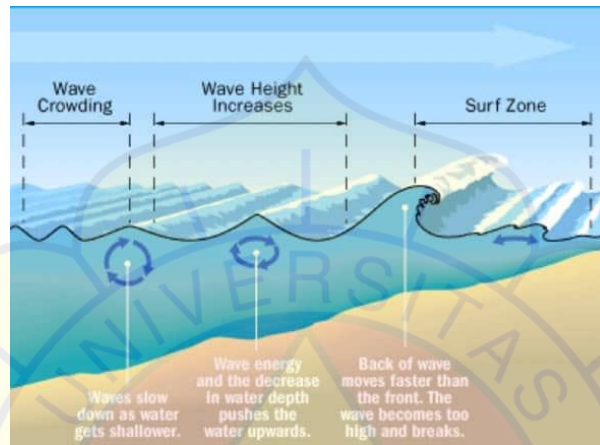
## 2.6. Gelombang

Gelombang adalah getaran yang merambat, bentuk dari gelombang akan mengikuti gerak *sinusoide*. *Sinusode* merupakan fungsi matematika yang berbentuk osilasi halus berulang. Fenomena gelombang dapat terjadi karena adanya radiasi elektromagnetik dan radiasi gravitasi yang berjalan lewat ruang hampa udara. Gelombang juga terdapat pada medium yang terjadi karena perubahan bentuk yang dihasilkan oleh gaya pegas dimana mereka dapat berjalan dan memindahkan energi dari suatu tempat ke tempat lainnya tanpa mengakibatkan partikle medium terpisah satu dengan lainnya.

Secara umum gelombang dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Gelombang berdasarkan arah rambat
  - a. Gelombang longitudinal
  - b. Gelombang transversal
2. Gelombang berdasarkan medium rambat

- a. Gelombang mekanik
  - b. Gelombang elektromagnetik
3. Gelombang berdasarkan sifat
- a. Gelombang linier
  - b. Gelombang non-linier



20 Gambar 2.20: Jenis-jenis gelombang

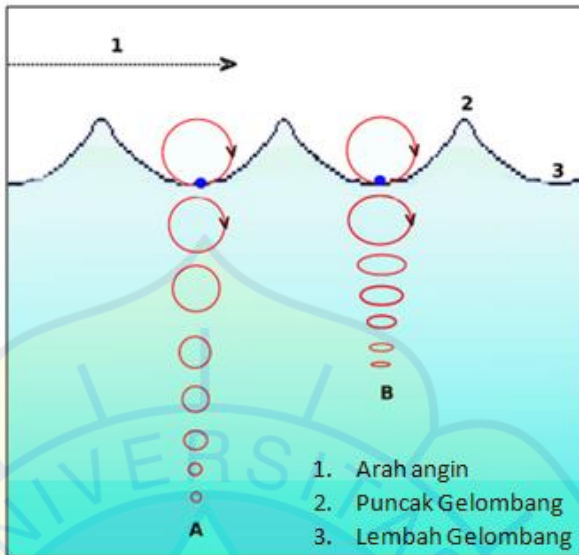
Gelombang permukaan merupakan gambaran sederhana untuk menunjukkan bentuk dari suatu energi lautan. Gejala energi gelombang bersumber pada fenomena-fenomena berikut ini:

- Benda yang bergerak pada atau dekat dengan permukaan yang menyebabkan terjadinya gelombang dengan periode kecil dan energi yang kecil.
- Angin merupakan sumber utama penyebab gelombang laut.
- Gangguan seismic yang menyebabkan terjadinya gelombang pasang atau tsunami.
- Medan gravitasi bumi dan bulan menyebabkan gelombang pasang yang tinggi.

### 2.2.1 Pengaruh Angin Terhadap Gelombang

Faktor paling utama terbentuknya sebuah gelombang adalah angin, baik itu tinggi gelombang dan rendahnya periode gelombang yang terjadi, sedangkan angin yang

kuat dan angin ribut akan menyebabkan variasi tinggi serta periode gelombang yang mengarah ke berbagai penjur.



21 Gambar 2.21: Gelombang

Angin dengan kecepatan rendah akan menyebabkan kecilnya tinggi gelombang dan rendahnya periode gelombang yang terjadi, sedangkan angin yang kuat dan angin ribut akan menyebabkan variasi tinggi serta periode gelombang serta mengarah ke berbagai penjur. Pada kondisi angin yang baik, gelombang laut dapat diobservasi secara random, baik untuk tinggi, periode, maupun arahnya. Angin memberikan pengaruh yang besar terhadap terjadinya gelombang laut sehingga efisiensi hampir semua pesawat konversi energi gelombang laut dipengaruhi oleh frekuensi angin yang terjadi sepanjang tahun pada suatu zone lautan tertentu.