

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Setelah membahas indikasi ancaman di laut dan pentingnya penerapan teknologi *unmanned system* dalam meningkatkan daya tangkal sistem pertahanan negara di laut, selanjutnya dibahas landasan teori terhadap teori-teori yang menjadi landasan penelitian dalam disertasi ini. Landasan teori ini yang terbagi menjadi beberapa teori makro, teori mezo dan teori mikro. Teori makro mencakup teori kedaulatan. Teori mezo mencakup teori keamanan maritim dan sistem pertahanan negara di laut. Sedangkan untuk teori mikro terdiri atas teori rancang bangun, *ferrocement*, *buoyancy*, *buoy system*, *unmanned system*, *maritime border patrol*, sonar dan radar.

##### **2.1.1 Kedaulatan**

Berbicara negara tidak bisa lepas dengan istilah kedaulatan. Kedaulatan sendiri adalah sebuah kekuasaan yang dimiliki seseorang atau lembaga terhadap orang lain atau lembaga lain yang berada dalam wilayahnya. Sifat dari kedaulatan adalah tidak dapat dibagi, abadi, dan mutlak. Jika mengacu dari segi bahasa kedaulatan berasal dari terjemahan kata *sovereignty* dalam bahasa Inggris, *souverainete* dalam bahasa Prancis, kemudian bahasa Belanda - *souvereyn* dan dalam bahasa Italia - *sperenus*. Istilah-istilah bahasa di atas menunjukkan pengertian mengenai kekuasaan tertinggi dalam suatu negara (Routledge, 2000).

Taufiqerrachman (2019) berpendapat tentang pentingnya kedaulatan, bahwa penegakan kedaulatan merupakan harga mati yang tak bisa ditawar-tawar lagi bagi negara. Para pemimpin harus mengerahkan segala daya upaya untuk menegakan kedaulatan, bahkan bila harus mempertaruhkan nyawa. Penegakan kedaulatan yang konsisten menentukan *bargain position* kita di mata dunia internasional. Hal itu

mengingat kedaulatan antar negara bisa saling bersinggungan satu sama lain sehingga memerlukan hukum internasional sebagai kesepakatan bersama antar negara.

Berbagai variasi tentang makna dan penggunaan konsep kedaulatan negara, tidak mengurangi arti penting konsep ini dalam sistem hukum internasional dan teori hubungan internasional. Kedaulatan merupakan salah satu konsep mendasar dalam hukum internasional. Jean Bodin dalam Riyanto (2012) mengemukakan doktrin atau ajaran bahwa kedaulatan merupakan sumber utama untuk menetapkan hukum. Kedaulatan merupakan sumber otoritas yang berada pada aras tertinggi dalam hirarki hukum (*legal hierarchy*), termasuk hukum internasional.

Kedaulatan merupakan konsep yang sangat penting dalam tertib hukum domestik maupun internasional, dan merupakan titik persinggungan antara kedua sistem tertib hukum tersebut. Kedaulatan negara merupakan salah satu norma fondasional dalam sistem hukum internasional. Hal tersebut memiliki konsekuensi bahwa konsep tentang negara berdaulat adalah sebagai kesatuan otoritas yang tidak tunduk pada pihak manapun merupakan penyangga sistem tata hukum internasional yang menjunjung tinggi prinsip non-intervensi dan kesepakatan negara (Riyanto, 2012).

Dahuri, R (2017) menjelaskan dalam menjaga kedaulatan di laut yang berkaitan dengan pengembangan dan penguatan kemampuan pengawasan (penegakan hukum di laut), ada hal yang harus dilakukan, yang pertama adalah pemberlakuan sistem MCS (*Monitoring, Control dan Surveillance*). Secara sederhana sistem ini terdiri dari sistem basis data yang berbasis pada Sistem Informasi Geografis (SIG).

Kusumaatmadja (1986) menyebut kedaulatan negara pantai mempunyai akibat lain dalam bidang hukum yakni wewenang untuk melakukan penuntutan atas pelanggaran-pelanggaran terhadap ketentuan-ketentuan perundang-undangan umum negara pantai baik di bidang pidana maupun perdata.

### 2.1.2 Keamanan Maritim

Menurut Geoffrey Till dalam Keliat (2009:115), keamanan maritim merupakan sebuah istilah baru yang ruang lingkupnya tidak lagi membahas hal-hal yang bersifat tradisional seperti pengendalian dan ekspedisi militer di laut, melainkan menjaga ketertiban di laut yang menjadi sumber daya alam, sarana transportasi, dan aspek penting dalam lingkungan hidup.

Purdijatno (2010) menyatakan bahwa Indonesia harus menjamin keamanan wilayah lautnya, khususnya alur pelayarannya. Bila kewajiban ini diabaikan dan kapal-kapal niaga pengguna perairan Indonesia terancam keamanannya, maka hal ini dapat menjadi alasan bagi negara penjamin kapal untuk menghadirkan kekuatan angkatan lautnya di perairan Indonesia. Jika sudah demikian, maka kedaulatan dan harga diri Indonesia di laut, sudah tidak ada lagi artinya. Konsekuensi dari itu adalah sudah seharusnya Indonesia memiliki konsep keamanan maritim yang mumpuni.

Sehubungan dengan keamanan maritim, Sagena (2019) menjelaskan definisi keamanan (*security*) dapat dipahami secara sederhana sebagai suatu keadaan yang bebas dari segala bentuk ancaman, bahaya, kecemasan, dan ketakutan. Dalam studi-studi keamanan (*Security Studies*), pendekatan atau paradigma dominan yang menjadi *mainstream* utama dalam studi-studi keamanan internasional adalah perspektif realis. Stephen M.Walt (1991) dalam Sagena (2019) menjelaskan studi keamanan dapat didefinisikan sebagai studi tentang ancaman, penggunaan dan kontrol kekuatan militer sehingga bisa masuk dalam kategori tentang fenomena perang. Pendekatan Walt tersebut mewakili perspektif realisme yang juga dikenal dengan *traditional security* atau *conventional security*.

Sementara, keamanan maritim masuk ke dalam isu-isu keamanan non-tradisional yang terbentang luas dalam berbagai area yang berbeda-beda, namun saling terkait dan terkadang *overlapping*. Dalam konteks keamanan maritim, ancaman juga telah meluas tidak hanya berupa ancaman militer dari negara lain tetapi juga berupa gangguan-gangguan

maritim yang dapat menimbulkan “terror” karena efek besar yang ditimbulkannya baik secara sosial, ekonomi, politik, maupun militer yang dapat mempengaruhi konstalasi hubungan antar negara.

Ancaman atau gangguan tersebut ada yang terjadi karena faktor alam seperti pengaruh perubahan iklim global yang menyebabkan kerusakan ekosistem atau ekologi laut dan menyebabkan kelangkaan sumber-sumber laut, dan ada juga gangguan yang bersumber dari aktivitas ilegal di laut yang dilakukan oleh manusia (Sagena, 2019). Senada dengan itu, bagi Christian Bueger dalam Tertia, J., & Perwita, A. A. B. (2018), keamanan maritim melampaui dimensi tradisional. Keamanan maritim menghubungkan beberapa masalah melalui konsep keamanan yang ada dan menyesuaikan dengan masalah sementara yang muncul.

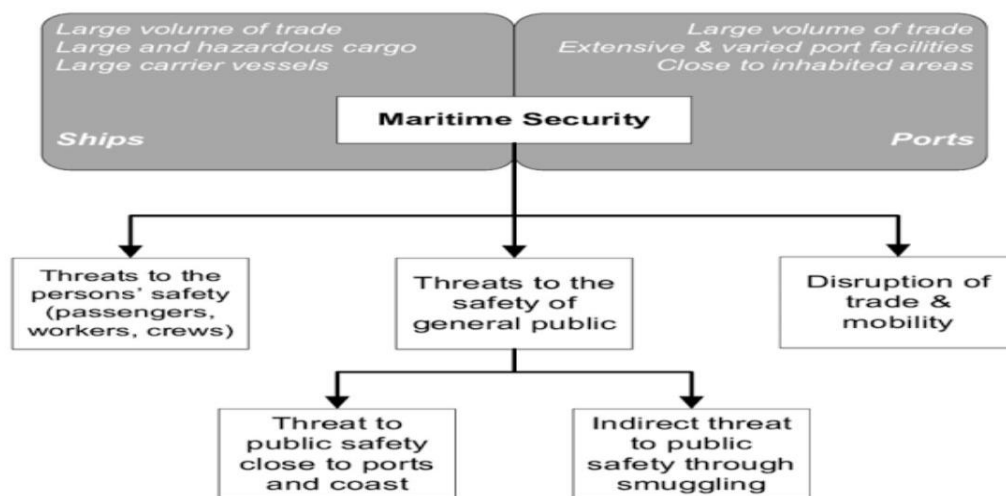
Geoffrey Till (2004) juga mengklasifikasikan secara detail lagi dan lebih kepada tatanan di perairan laut (*maintaining good order at sea*). Dia berpandangan karena laut kini tak hanya sebagai wilayah untuk mengamankan wilayah daratan tetapi juga sumber daya alam, medium transportasi dan sebagai suatu aspek yang penting dari lingkungan hidup. Sedangkan, Barry Buzan dkk (1998) dalam Keliat (2009) mengulas konsep keamanan maritim berada di antara dua interaksi pemikiran berbeda yaitu antara kelompok yang menggunakan kerangka tradisional tentang keamanan dan kelompok yang menggunakan kerangka non tradisional. Fokus dari kelompok tradisional tentang *referent object* (terkait apa yang terancam) adalah pada kedaulatan dan identitas negara, maka kelompok non-tradisional cenderung untuk memperluasnya dalam bentang keamanan (*security landscape*).

Timothy. D Hoyt (2003) dalam Keliat (2009) yang secara sangat baik telah menggambarkan perbedaan tentang dua mazhab keamanan itu. Mazhab tradisional mendefinisikan masalah-masalah keamanan sebagai pencarian keamanan oleh negara dan kompetisi antar negara. Hal itu diwujudkan melalui konfrontasi, perlombaan senjata dan perang. Sedangkan mazhab yang kedua (non tradisional) menyatakan bahwa

bentangan keamanan harus memasukan masalah keamanan intranegara (*intrastate security problem*) dan masalah keamanan lintas nasional (*transnational security problem*).

Keamanan intra-negara, misalnya muncul dari kekacauan dalam negara dan masyarakat. Keliat menyebut masalah keamanan lintas nasional misalnya ancaman-ancaman keamanan yang berasal dari isu-isu kependudukan seperti migrasi, lingkungan hidup dan sumber daya yang ruangnya tidak dapat dibatasi pada skala nasional, termasuk di dalamnya terkait keamanan ekonomi. Keliat juga menggunakan dokumen *Informal Consultative Process (ICP)* yang digelar oleh PBB pada 2002, untuk pertama kalinya disebutkan tentang keamanan maritim yang disatukan dengan istilah keselamatan maritim (*maritime security and safety*). Dalam kaitannya, dokumen ini lebih jauh menyatakan bahwa keamanan dan keselamatan maritim harus diberikan prioritas yang tinggi dan berbagai tipe kejahatan yang terjadi di laut seperti teroris, pembajakan, penyelundupan migran, *illegal traffic* dalam obat-obatan narkotik dapat menjadi ancaman serius terhadap penggunaan laut secara damai (Keliat, 2009).

Andristos, Fivos & M. Mosconi (2010) secara konseptual sudah mengemukakan hubungan antara keamanan dan keselamatan maritim dengan instrumennya berupa kapal dan pelabuhan serta variabel-variabelnya. Oleh karena itu, keamanan menjadi sangat penting bukan hanya karena fungsi transportasi tetapi juga karena peran khusus pelabuhan sebagai titik kontrol dalam keamanan nasional dan regional. Keamanan pelabuhan merupakan landasan dari implementasi rezim keamanan transportasi laut internasional yang baru dalam hal terutama perlindungan pengguna pelabuhan dan masyarakat serta perlindungan kapal laut.



**Gambar 2.1 Schematic breakdown of the maritime security threat**

Sumber: F. Andristos & M. Mosconi

### 2.1.3 Sistem Pertahanan Negara di Laut

Pertahanan negara bertujuan untuk menjaga dan melindungi kedaulatan negara, keutuhan wilayah NKRI, dan keselamatan segenap bangsa dari segala bentuk ancaman dan gangguan baik yang berasal dari luar maupun dari dalam negeri. Meskipun demikian, sebagai bangsa yang memiliki sumber daya nasional yang bernilai tinggi, diperlukan kewaspadaan untuk tetap mengantisipasi segala bentuk ancaman yang bersifat dinamis serta dapat berubah menjadi ancaman nyata guna menjamin terlindungi dan terpenuhinya kepentingan nasional serta untuk menegakkan kedaulatan bangsa. Strategi dalam sistem pertahanan negara perlu disusun untuk dapat mengarahkan sumber daya nasional yang dimiliki bangsa Indonesia secara efektif menghadapi dan menetralsisir berbagai jenis ancaman tersebut.

Pertahanan Negara Indonesia disusun dalam strategi pertahanan defensif aktif (Buku Putih, 2015). Dalam pola defensif aktif, kekuatan militer suatu negara harus dibangun untuk mempunyai kemampuan yang berdaya tangkal yang efektif untuk menjadi negara yang disegani oleh negara lain

serta mempengaruhi negara maupun pihak lain yang berkeinginan menimbulkan gangguan yang mengancam kepentingan nasional (Schaub Jr., 2004). Namun perlu disadari bahwa pembangunan kekuatan militer tetap dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya nasional suatu negara untuk mewujudkannya (Ghosh, 2013). Mengacu pada kepentingan pembangunan kekuatan militer dihadapkan pada ketersediaan sumber daya negara, Bangsa Indonesia merumuskan strategi pembangunan kekuatan militer melalui kebijakan pembangunan postur kekuatan pokok minimal atau MEF. Kebijakan tersebut ditempuh selain atas dasar pertimbangan kemampuan ekonomi negara, juga atas analisis risiko kemungkinan ancaman terhadap NKRI. Proses pembangunan kekuatan armada laut Indonesia (*Sea Power Indonesia*) juga mengacu pada kebijakan MEF dengan tetap mempertimbangkan perkembangan lingkungan strategis kawasan Asia Pasifik utamanya dinamika geomaritim yang sangat rapuh (*vulnerable*) seiring dengan menguatnya dinamika persaingan hegemoni antara Amerika Serikat dan China secara global maupun pengendalian atas wilayah laut di perairan Laut China Selatan (Marsetio, 2014). Penggunaan kekuatan laut secara umum dirumuskan sebagai trinitas peran kekuatan keamanan maritim yang diwujudkan dalam kekuatan angkatan laut suatu negara (Booth, 1977).



**Gambar 2.2 Trinitas Peran Angkatan Laut**

Sumber: Booth (1977)

Menyadari adanya persaingan negara-negara adi kuasa di kawasan Asia Pasifik dimana Bangsa Indonesia secara geografis juga berada, maka strategi pembangunan kekuatan Angkatan Laut Bangsa Indonesia (Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut-TNI AL) sebagai komponen utama pertahanan negara di laut bersifat sangat penting untuk mendukung kemampuan pertahanan negara di laut yang memiliki daya tangkal yang efektif dalam mempengaruhi hubungan internasional negara-negara di kawasan Asia Pasifik.

#### **2.1.4 Rancang Bangun**

Rancang bangun adalah penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah kedalam suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi (Burch, 2005).

Campbell menjelaskan bahwa proses desain dimulai sebagai proyek desain industri secara umum, tetapi kemudian disadari bahwa desainer dalam sebuah tim kadang memiliki kesalahan/prakonsepsi yang cukup signifikan tentang apa yang dapat diterima oleh komunitas dalam hal estetika, fungsi, dan *requirement*. Hal utama yang dapat dipelajari oleh desainer dan siswa dalam sebuah tim adalah nilai informasi yang dikumpulkan dari orang-orang di komunitasnya. Cara termudah untuk mendapatkan informasi yang relevan adalah dengan melibatkan sebanyak mungkin orang-orang dari di semua tahap proses desain.

Dalam sebuah artikel yang diterbitkan dalam edisi pertama Desain, sebuah jurnal yang diterbitkan oleh CoID, Gordon Russell (1949: 2) menggambarkan apa yang dia dan CoID klasifikasikan sebagai desain yang baik: 'Desain yang baik selalu memperhitungkan *teknik produksi, bahan yang akan digunakan, dan tujuan dari objek yang diinginkan* (Campbell, 2008). Lundgren menyampaikan bahwa teori desain melibatkan dasar-dasar dan prinsip-prinsip dalam menciptakan komunikasi visual dan berbagai jenis seni lainnya. Hal Ini terkait dengan cara kita melihat dan memandang informasi visual dan membedakan ide, gaya, rasa dan *trend*

dari prinsip-prinsip estetika yang sudah universal dan umum bagi setiap orang. Ini merupakan dasar dalam membuat desain, fotografi, ilustrasi, dan seni visual secara umum. Bahasa visual umum ini adalah yang menghubungkan desainer dan seniman dari dulu hingga kini dan berlaku dimana mana. Teori desain juga melibatkan pemahaman tentang elemen wujud termasuk bentuk, ruang, proporsi, warna, skala, tekstur, struktur (kisi), komposisi, garis, bentuk dan volume dan bagaimana mengaturnya hingga mencapai keseimbangan, ritme, pola, hierarki, penekanan, dan persatuan. Teori desain dipadukan dengan tujuan atau masalah untuk dipecahkan maka akan menghasilkan solusi desain yang efektif.

Pembuatan rancang bangun (*prototype*) dapat dianggap sebagai jantung dari sebuah proses inovasi. Biasanya, insinyur dan perancang keduanya melakukan pembuatan sebuah rancang bangun, tetapi latar belakang mereka yang beragam akan menghasilkan perspektif yang berbeda pula mengenai bagaimana membuat sebuah *prototype*. Berdasarkan literatur, penelitian ini menyelidiki kesamaan dan perbedaan dalam perilaku pembuatan *prototype* oleh insinyur dan desainer, yang menunjukkan bahwa ada perbedaan dalam tahap awal pembuatan *prototype*. Seorang Insinyur akan fokus pada fitur dan fungsi *prototype* dan perlu memenuhi tujuan spesifik tertentu untuk mendorong proses ke depan. Sedangkan seorang desainer, di sisi lain menggunakan *prototype* untuk menyelidiki celah desain untuk kemungkinan pengembangan hal hal baru dan lebih terbuka untuk berbagai pemanfaatan bahan dan alat untuk pembuatan *prototype*. Pembuatan *prototype* pada proses selanjutnya akan membuat perilaku *prototype* insinyur dan desainer menjadi serupa (Yu *et al*, 2018).

Metode dan teknik pembuatan *prototype* sering digunakan dalam banyak disiplin ilmu teknik dan telah diadopsi sebagai teknik dalam sebuah rekayasa misalnya di bidang pengembangan perangkat lunak dalam rangka meningkatkan kalkulasi terhadap proyek baru yang melibatkan risiko. Namun, sejauh ini ada kekurangan dalam hal dokumentasi dari

pengalaman pengalaman pemanfaatan *prototype* dalam produksi industri perangkat lunak, sehingga pembuatan *prototype* dapat menjembatani “celah/GAP” antara teori dan praktik. Pembuatan *prototype* (dalam dunia peranti lunak contohnya) ternyata bukan sekadar perkembangan yang pesat dari sebuah *user interfaces* melainkan bagian sentral dari strategi sebuah pengembangan. Pembuatan *prototype* juga berarti sebagai keterlibatan dari pengguna. Hal tersebut untuk menemukan kombinasi yang tepat dari sebuah *prototype* yang akan meningkatkan proses dari pengembangan (Lichter *et al*, 1994).

### **2.1.5 Ferrocement**

*Ferrocement* adalah sebuah bentuk dari beton menggunakan lapisan kawat dengan spasi yang kecil dan atau batang berdiameter kecil yang diisi atau di lapisi dengan mortar (American Concrete Institute Committee 549, 1993). Karakteristik positif dari *ferrocement* pada benturan adalah ketahanannya terhadap disintegrasi, kerusakan terjadi secara lokal dan kerusakan mudah diperbaiki (Al-Rifaie, 2006). Kombinasi mortar dan mesh baja menghasilkan elemen *ferrocement* komposit. *Ferrocement* memiliki karakteristik yang menguntungkan dalam tumbukan, karena tabrakan antara kapal atau dengan batu sangat banyak (Iorns *et al*, 1977). *Ferrocement* memiliki kekuatan tinggi, ketahanan retak, daktilitas tinggi dan karakteristik penyerapan energi, semuanya berguna untuk digunakan dalam lingkungan yang dinamis dan media aplikasi (Yousry *et al*, 2013).

### **2.1.6 Buoyancy Theory**

*Buoyancy Theory* (Archimedes' principle) adalah daya tekan ke atas dari fluida/cairan terhadap suatu benda yang sebagian atau seluruhnya dicelupkan di dalam fluida/cairan. Hal ini terjadi karena adanya reaksi dari fluida/cairan terhadap massa/berat benda yang tercelup ke dalam fluida. Daya apung sendiri merupakan kemampuan suatu benda yang berada pada fluida untuk mengapung dengan massanya. Daya ini dipengaruhi oleh

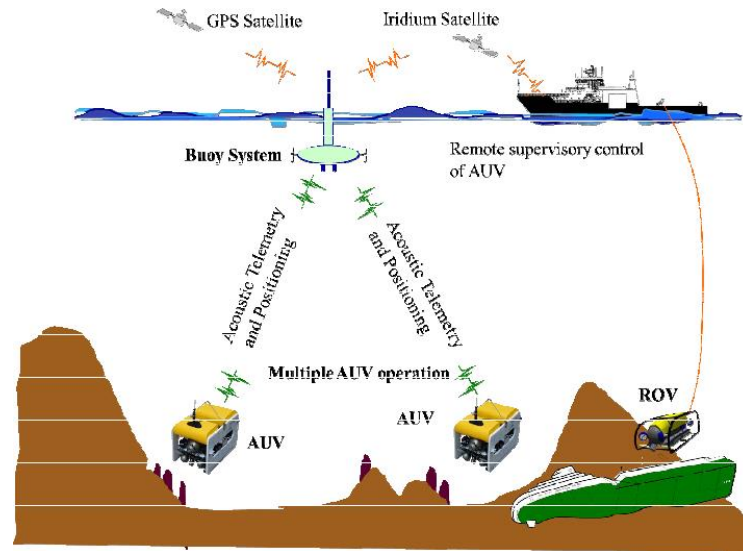
perbandingan antara massa jenis benda dengan cairan. Massa jenis benda diperoleh dari total massa benda dibagi dengan total volumenya. Daya apung sama dengan berat air yang dipindahkan. Ukuran berat suatu benda hampir sama dengan berat air yang dipindahkan. Bila tidak sama persis, tentu sedikit sama. Sebuah benda yang tenggelam seluruhnya atau sebagian dalam suatu fluida akan mendapatkan gaya angkat ke atas yang sama besar dengan berat fluida-fluida yang dipindahkan (Mayasari et al, 2015).

### **2.1.7 Buoy System**

*Buoy System* pada prinsipnya adalah sebuah alat yang mengapung diatas permukaan air yang kemudian diikat pada sebuah jangkar. Umumnya *Buoy* tertambat terdiri dari dua bagian utama, di atas dan di bawah permukaan air. Bagian atas yang mengapung di permukaan berfungsi sebagai tempat komponen elektronika. Sedangkan bagian bawah permukaan *Buoy* terdapat rantai yang mengikat *Buoy* ke jangkar di dasar perairan. *Buoy* dilengkapi dengan berbagai macam komponen elektronik seperti sensor suhu untuk mengukur suhu permukaan laut (SPL) dan juga dilengkapi sistem komunikasi untuk mengirimkan data hasil pengamatan sehingga data bisa dilihat secara *realtime* (Oceanor dalam Utama et al, 2019).

Schmidt et al (2018) menjelaskan bahwa *buoy* dapat digunakan sebagai sarana pemantauan terhadap berbagai aktivitas di laut. Fungsi utama *buoy* adalah sebagai rambu jalur pelayaran untuk kapal niaga. *Buoy* memiliki serangkaian sensor yang dirancang juga untuk mendukung dan memahami variasi kualitas air baik fisik, kimia, dan biologis dekat pantai. Sistem ini telah dirancang sedemikian rupa sehingga dapat dioperasikan dan dipelihara oleh staf non-ilmiah dengan tetap menyediakan data ilmiah yang berkualitas. Caiti et al (2005) juga menyampaikan bahwa *Floating Acoustic Buoy* dapat dimanfaatkan mencari lokasi kendaraan

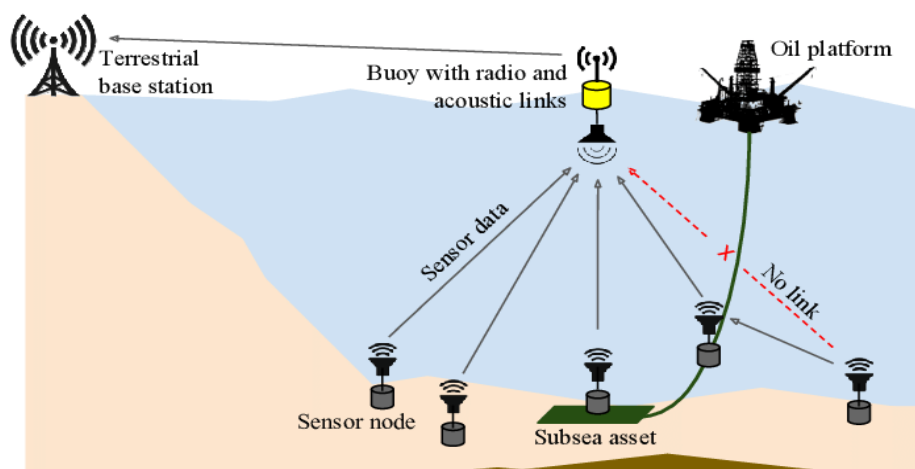
bawah air otonom (AUV) dari pengukuran akustik *time of flight* yang diterima oleh *buoy*.



**Gambar 2.3 Autonomous buoy system untuk AUV**

Sumber: Nishida et al (2015, p.1-6)

Selanjutnya *autonomous buoy system* yang baru dikembangkan dapat digunakan untuk pemantauan jarak jauh dari AUV. Sistem ini menggunakan *acoustic data link* dan *radio data link*, *buoy* dapat menyampaikan pesan antara AUV di bawah laut dan sistem pemantauan AUV di atas permukaan (berfungsi sebagai *gateway buoy*) (Nishida, 2015).



**Gambar 2.4 Gateway buoy**

Sumber: Morozs et al (2018, p.1-8)

Satuan Operasional TNI AL juga memiliki konsep menggunakan *Buoy* dalam menjaga keamanan maritim di Indonesia. Sistem teknologi *buoy* tersebut mengadopsi teknologi dari negara Amerika dengan memanfaatkan energi gelombang laut sebagai sumber listriknya. Berikut peneliti sajikan konsep *buoy* dari TNI AL sebagai berikut.



**Gambar 2.5 Konsep *Buoy* Satuan Operasi TNI AL**

Sumber: Presentasi Satuan Operasi TNI AL

Berdasarkan gambar diatas, konsep *buoy* yang ditawarkan Satuan Operasi TNI AL menunjukkan pemanfaatan *buoy* dengan menggunakan sensor sonar melalui ROV, radar dan AIS. Sistem komunikasi yang dibangun antara *buoy* dengan Pusat Komando dan Pengendalian menggunakan *satellite* dalam memberikan informasi terhadap objek ancaman dilaut. Sensor bawah air yang digunakan untuk memantau kapal selam asing yang melewati *choke point* dan diproses menggunakan sistem *artificial intelligent* dalam mengolah data tersebut sehingga dapat diterima oleh Pusat Komando dan Pengendalian. Konsep *buoy* yang dijelaskan

adalah *marine surveillance* dari OPT (*Ocean Power Technology*). Kemampuan yang dapat dilakukan oleh *buoy* adalah mendeteksi, mengidentifikasi dan melakukan *tracking*. *Buoy* mampu bertahan siang dan malam dalam waktu 24 jam hingga 365 hari dengan memanfaatkan konversi energi gelombang laut. Selain itu juga terdapat varian dari *buoy* tersebut dengan memanfaatkan energi sinar matahari. Berikut peneliti sajikan berbagai sensor yang terdapat pada konsep *buoy* Satuan Operasi TNI AL.



**Gambar 2.6 Sensor pada konsep *buoy* Satuan Operasi TNI AL**

Sumber: Presentasi Satuan Operasi TNI AL

Sistem AI yang diterapkan dalam *buoy* tersebut dapat melacak beberapa kapal bahkan dengan kondisi AIS mati. Selain itu juga memperhitungkan arah, kecepatan dan *Closest Point of Approach* (CPA) terhadap objek yang berpotensi ancaman. CPA adalah perkiraan titik di mana jarak antara dua objek, yang setidaknya satu bergerak, akan mencapai nilai minimumnya. Perkiraan tersebut digunakan untuk

mengevaluasi risiko tabrakan misalnya dua kapal. Konsep tersebut juga memanfaatkan kamera thermal sehingga dapat terlihat pada malam hari. Sistem komunikasi yang dijalankan dapat mengintegrasikan pemantauan waktu nyata ke pusat komando dan kendali yang ada.

### **2.1.8 Unmanned System**

*Unmanned System* atau Sistem tak berawak didefinisikan sebagai, "sistem elektromekanis apa pun yang memiliki kemampuan untuk melakukan tugas yang telah ditentukan atau dijelaskan, atau sebagian dari tugas itu, dan melakukannya secara otomatis dengan terbatas atau tanpa intervensi manusia" (Baker, 2021).

Konsep *Unmanned System* atau Sistem Tanpa Awak, merupakan wahana baik di darat, laut maupun udara yang menggunakan catu daya mandiri dan menggunakan kendali jarak jauh berupa *remote control* atau *control unit* dari luar wahananya serta dapat bergerak secara otomatis berdasarkan program yang sudah ditanamkan pada sistem komputernya. Kontrol kendali jarak jauh ini dapat dilakukan secara manual maupun secara *autopilot*. Pengendalian manual dilakukan dengan pergerakan pesawat melalui radio kontroler sedangkan pengendalian secara *autopilot* akan dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler yang mengolah data-data sesuai dengan kebutuhan, sehingga wahana dapat bergerak maupun bermanuver secara otomatis sesuai dengan perintah yang dimasukkan.

Pada pesawat tanpa awak kondisi pesawat tidak dapat dikontrol secara langsung karena memang tidak memiliki kru pesawat. Proses kontrol pesawat sepenuhnya dilakukan oleh sistem autopilot dengan mengacu pada parameter-parameter yang telah ditentukan oleh pengguna sebelum terbang. UAV sendiri mampu membawa kamera, sensor, alat komunikasi dan beberapa peralatan lain. Selain UAV, *unmanned system* juga bisa berbentuk *Unmanned Underwater Vehicles (UUV)*, *Unmanned Surface Vehicles (USV)*, *Unmanned Maritime Vehicle (UMV)* serta radar-radar berkekuatan rendah yang dioperasikan secara *unmanned*.

### 2.1.8.1 Platform Pesawat Udara Tanpa Awak (UAV)

Nex dan Remondino (2014) menjelaskan bahwa UAV merupakan wahana untuk mendapatkan sumber data yang berharga di bidang inspeksi, pengawasan, pemetaan, dan pemodelan 3D. UAV merupakan wahana alternatif berbiaya rendah dibanding fotogrametri udara berawak, dimana aplikasi baru dalam domain jarak pendek dan jarak dekat mulai dikenal. UAV *rotary* maupun *fixed-wing* mampu melakukan akuisisi data fotogrametri dengan kamera digital amatir atau SLR, mampu terbang dalam mode manual, semi-otomatis, dan otonom. Hasil 3D seperti model permukaan atau medan digital, kontur, model 3D bertekstur, informasi vektor, dan lainnya dapat dihasilkan dengan mengikuti alur kerja fotogrametri yang khas dan terprogram, bahkan bisa dilakukan di area yang luas.

Komunikasi nirkabel dengan memanfaatkan kendaraan udara tanpa awak (UAV) adalah teknologi yang berpotensi dan sangat menjanjikan untuk sistem komunikasi masa depan. Dengan asumsi bahwa UAV terbang horizontal dengan *altitude* yang tetap, komunikasi menggunakan UAV akan hemat energi dengan memanfaatkan terminal di darat melalui pengoptimalan lintasan UAV. Cara ini merupakan paradigma desain baru yang mempertimbangkan *throughput* komunikasi dan konsumsi energi UAV (Zeng, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa UAV dengan operasi hemat energi juga dapat dimanfaatkan bersama selain telekomunikasi juga sensor sensor seperti berbagai macam kamera, radar, *Automatic Identification System* (AIS), *receiver* dan lain-lain.

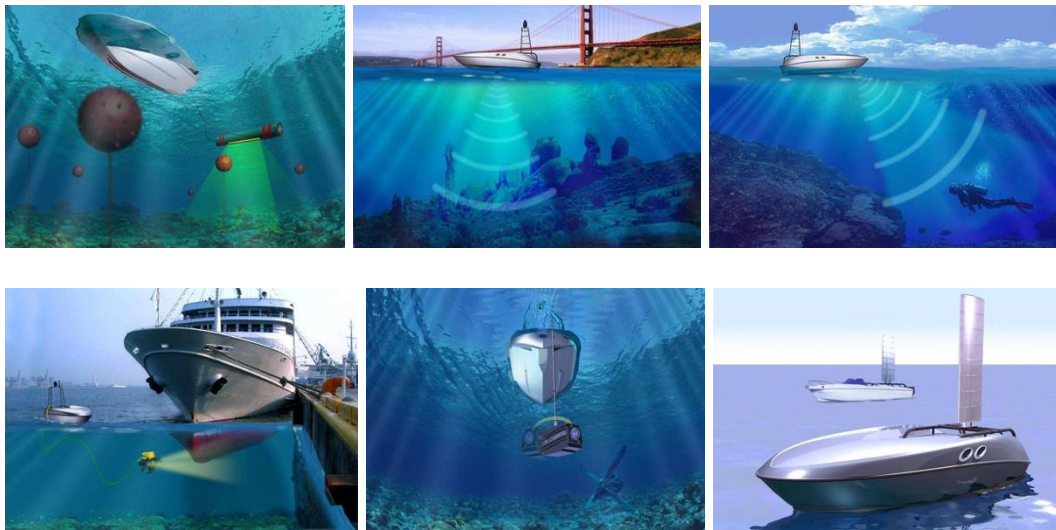
Selain itu, Zeng (2017) juga menjelaskan bahwa UAV memiliki kemampuan manuver yang tinggi, penyebaran yang fleksibel, dan biaya operasi yang rendah, sehingga pesawat udara tanpa awak ini meningkat peminatnya dengan sangat signifikan dalam rangka pemanfaatannya di bidang komunikasi nirkabel. Sistem komunikasi nirkabel berkemampuan multi-UAV juga dapat dikembangkan, misalnya di beberapa stasiun pangkalan udara dipasang alat-alat di UAV dan digunakan untuk melayani

pengguna di lapangan. Untuk mencapai kinerja yang baik harus mengoptimalkan penjadwalan dan komunikasi multi pengguna bersama-sama dengan lintasan dan daya kontrol UAV. Secara khusus, penjadwalan dan asosiasi pengguna, lintasan UAV, dan daya pancar dioptimalkan secara bergantian di setiap iterasi.

#### **2.1.8.2 Platform Permukaan Laut Tanpa Awak (USV)**

Yan *et al* (2010) menyampaikan bahwa pemakaian kendaraan permukaan tak berawak (*Unmanned Surface Vehicle* - USV) untuk berbagai misi dan aplikasi makin diminati angkatan laut dan organisasi pertahanan lainnya. USV adalah kendaraan yang beroperasi di permukaan air tanpa awak. USV memiliki potensi, dan kemampuan untuk mengurangi risiko awak pasukan juga menyediakan penggandaan kekuatan yang diperlukan dalam rangka menyelesaikan misi militer, melakukan tugas yang tidak dapat dilakukan oleh kendaraan berawak. UAV melakukannya dengan cara yang lebih murah untuk angkatan laut. Tantangan teknis dalam mengembangkan USV adalah tingkat kecanggihannya, kontrol, stabilitas yang tinggi, dan pengurangan dalam biaya pengembangan. Melalui upaya bersama para peneliti di seluruh dunia, diyakini bahwa pengembangan USV akan memasuki fase baru di mana USV dapat segera diterapkan secara luas baik dalam dinas militer maupun sipil.

Corfield dan Young (2006) menyebut kapal permukaan air tanpa awak (USV) sudah ada sejak Perang Dunia II, tetapi baru pada tahun 1990-an banyak proyek mengenai USV muncul. Hal ini sebagian bukan saja diakibatkan oleh kemajuan teknologi, tetapi juga didorong oleh perubahan paradigma Angkatan Laut AS yang lebih fokus pada misi perang pesisir dan anti-terorisme. Keberhasilan misi USV yang dalam perang teluk kedua telah meningkatkan minat Angkatan Laut AS terhadap USV dan kemudian beberapa angkatan laut modern mengikutinya. Misi USV berkisar dari pengumpul data (seukuran torpedo kecil) hingga kapal tak berawak besar (<1000t) (Bertram, 2008).



**Gambar 2.7 Applications for USVs**

Sumber: Bertram (2008)

Bertram (2008) menyampaikan bahwa eksperimen pertama dengan USV dilakukan saat Kanada mengembangkan konsep torpedo COMOX pada tahun 1944 sebagai USV pra-invasi Normandia yang dirancang untuk mengeluarkan asap selama invasi - sebagai pengganti pesawat. COMOX akhirnya dikategorikan sebagai torpedo karena hanya dapat diprogram untuk melintasi jalur tetap. COMOX tidak sempat digunakan, tetapi merupakan sebuah tes yang berhasil dilakukan. Beberapa perkembangan aplikasi dan contoh USV bisa dilihat sebagai berikut:

- a) Angkatan Laut AS mengembangkan dan mendemonstrasikan beberapa jenis "*Demolition Rocket Craft*" yang ditujukan untuk pembersihan ranjau dan rintangan di zona selancar. "*The Porcu-Pine*", "*Bob-Sled*", dan "*Woofus 120*" adalah varian dari kapal pendarat yang diubah bisa membawa sejumlah roket pembersih ranjau dalam konfigurasi berbeda.
- b) Aplikasi USV pasca-perang diperluas, dengan menggunakan *drone* kapal laut untuk mengumpulkan sampel air radioaktif setelah ledakan bom atom Able dan Baker di Bikini Atoll pada tahun 1946.

- c) Pada tahun 1960-an, Angkatan Laut Amerika menggunakan kapal tak berawak sebagai target tembak. USV ini hasil modifikasi perahu "penyelamatan penerbangan" yang dikendalikan dari jarak jauh untuk latihan penembakan rudal dan untuk pelatihan meriam *stroyer*. Mirip dengan UAV, target pengembangan dan penggunaan *drone* USV terus berlanjut dan berkembang selama bertahun-tahun.
- d) USV berkembang untuk misi pengintaian dan pengawasan pada akhir 1990-an, dengan pengembangan *Autonomous Search and Hydrographic Vehicle* (ASH), yang kemudian disebut Owl, dan Roboski. Roboski, awalnya dikembangkan sebagai *Shipboard Deployed Surface Target* (SDST) sebagai target jenis jet-ski untuk pelatihan pertahanan diri kapal, sekarang juga berfungsi sebagai *test-bed* kendaraan pengintai.
- e) Pada awal 2000-an, muncul beberapa konsep untuk membuat *platform* sensor USV siluman diusulkan dan dipertimbangkan oleh armada laut. Salah satu manfaat yang paling menonjol adalah USV dapat berfungsi sebagai pengganda kekuatan tanpa awak untuk sejumlah misi pertempuran pesisir.
- f) Navtec Inc pada akhir 1990-an mengembangkan sebuah USV untuk *Office of Naval Research* (ONR) dengan nama Owl MK II. The Owl adalah sasis Jet Ski yang dilengkapi dengan lambung profil rendah dan dimodifikasi untuk meningkatkan kemampuan siluman dan peningkatan muatan. Salah satu versi dengan pemindaian sonar samping dan kamera video telah digunakan secara operasional di Teluk Persia.
- g) *Science Application International Corporation* (SAIC) juga menawarkan USV kecil yang dapat digunakan untuk keamanan pelabuhan. Kendaraan Keamanan Pelabuhan Tak Berawak (*Unmanned Harbour Surface Vehicle*, UHSV) ini adalah versi lanjutan dari Owl MK II.

- h) *Small Weapons Attack Trainer* (SWAT) - USV untuk pelatihan menembak memakai senjata 25mm, 50cal, M-60 *Close-In-Weapon-System* (CIWS) dengan target bergerak yang ditarik *platform unmanned jet-ski* untuk menarik target. Sistem akan menggunakan link kontrol RF COTS untuk mengendalikan kemudi dan *throttle*.
- i) Kendaraan Permukaan Tanpa awak (USV) PEO LMW adalah kendaraan permukaan semi-otonom yang dapat dikonfigurasi ulang, berkecepatan tinggi, berkekuatan tinggi, dan dirancang untuk mendukung misi khusus angkatan laut. USV ini dilengkapi radar (ARPA), kamera, sensor infra merah, mikrofon, sensor kedalaman, sensor suhu dan sensor kecepatan angin. Selain itu USV ini dilengkapi untuk perang anti kapal selam, sumber *acoustic sources* dan *towed array sonar system*.

### 2.1.8.3 Platform Bawah Laut Tanpa Awak (UUV/AUV)

Konsep wahana yang dapat menyelam bukanlah ide baru. Kapal selam pertama Amerika yang disebut "*Turtle*" dibangun di Saybrook, Connecticut pada tahun 1775 oleh David Bushnell dan saudaranya, Ezra. *Turtle* merupakan kapal selam kecil dari kayu berbentuk telur yang diikat oleh tali besi. "*Turtle*" terayun-ayun seperti gabus permukaan laut meskipun dia diberi pemberat dari timah di bagian bawah. Kapal ini dioperasikan dengan tangan dan kaki, untuk dapat menyelam katup dibuka untuk memasukkan air ke dalam tangki pemberat dan naik ke permukaan dengan menggunakan pompa untuk mengeluarkan air (Blidberg, 2001).

Sedangkan kapal selam bertenaga yang praktikal pertama di dunia, diberi nama "*Resurgam*" dirancang Pada November 1879 oleh Pendeta George W. Garrett. Kapal selam ini dibangun di *Brittannia Engine Works and Foundry J. B. Cochran* di Birkenhead, Inggris. Kapal selam tersebut menggunakan mesin uap LAMM 'tanpa api' dan dapat melakukan

perjalanan selama sepuluh jam dengan daya yang disimpan dalam tangki yang terisolasi. Setelah kapal selam bersejarah ini, ada banyak kapal selam lainnya yang dikembangkan dan dimanfaatkan secara operasional untuk misi yang berbeda-beda. Dari kapal selam ini, muncullah pengembangan torpedo. Torpedo adalah benar-benar kendaraan bawah Air yang Otonom (*Autonomous Underwater Vehicle*) pertama. Walaupun ada beberapa sistem mirip AUV sebelum tahun 1970-an, kebanyakan tidak pernah digunakan sejak lama.

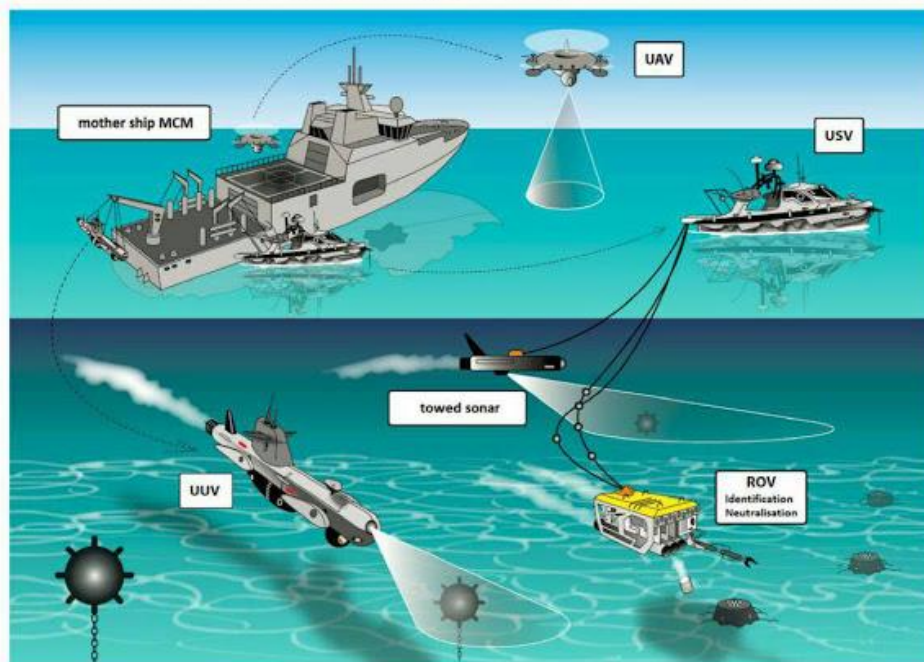
Ada bermacam macam jenis kendaraan bawah air, salah satu metode untuk mengelompokkan kendaraan ini adalah dengan mengidentifikasi mereka sebagai sistem berawak dan tanpa awak. Sistem berawak dapat dibagi menjadi dua sub-kelas; kapal selam militer dan kapal selam non-militer seperti yang dioperasikan untuk mendukung penyelidikan dan penelitian bawah air. Kapal selam tanpa awak juga memiliki sub-kelas yang berbeda beda yaitu.

- a) Pertama yang paling sederhana dan paling mudah dijelaskan adalah kapal selam yang ditarik di belakang kapal. Mereka berfungsi sebagai *platform* untuk memasang sensor di kerangka kendaraan.
- b) Jenis kedua sistem *submersible* disebut kendaraan yang dioperasikan dari Jarak Jauh *Remotely operated Vehicle* (ROV). ROV adalah sebuah wahana yang ditambatkan seperti gantungan. Pasokan listrik dan komunikasi ke ROV dikendalikan langsung oleh operator dari jarak jauh.
- c) Jenis ketiga dari jenis kapal selam tanpa awak adalah *Unmanned Untethered Vehicle* (UUV). Kendaraan ini tidak tertambat memiliki daya sendiri di *onboardnya*, tetapi dikendalikan oleh operator dari jarak jauh melalui beberapa jenis tautan komunikasi.
- d) AUV adalah sistem bawah laut yang memiliki daya sendiri dan dapat mengendalikan dirinya sendiri sambil menjalankan tugas

yang telah ditentukan sebelumnya. Perbedaan lain antara AUV dan UUV adalah AUV tidak memerlukan komunikasi selama menjalankan misinya sedangkan UUV memerlukan beberapa tingkat komunikasi untuk menyelesaikan misi yang ditugaskan.

Pemanfaatan berbagai jenis kapal selam tanpa awak tersebut di atas sangat luas misalnya dalam dunia militer. Rusia baru-baru ini mengumumkan bahwa mereka berupaya untuk memodernisasi armada penanggulangan ranjau (*Mine Counter Measure - MCM*) yang merencanakan pembuatan kapal sekitar 40 kapal penyapu ranjau baru untuk bergabung dengan armada Rusia pada tahun 2030. Program pembuatan kapal baru ini akan memodernisasi dan meningkatkan efisiensi berkenaan dengan operasi MCM Rusia (Russian Navy, 2019).

### Autonomous & Unmanned Systems: A solution for future MCM



**Gambar 2.8 AUV, UUV dan ROV untuk MCM**

Sumber: Russian Navy (2019)

Kapal penyapu ranjau ini akan dibangun dengan menggunakan lambung plastik, bukan lambung biasa yang biasanya terbuat dari baja atau

kayu. Lambung plastik dilakukan karena keuntungannya yang lebih besar saat melakukan operasi MCM. Karena lambung plastiknya, kapal penyapu ranjau Rusia yang baru akan dapat mengurangi *signature* magnetis mereka, membuatnya lebih sulit dideteksi oleh ranjau magnet. Pemanfaatan lambung baru ini bukan sesuatu yang baru, beberapa pemburu ranjau dan penyapu ranjau yang digunakan oleh negara-negara barat sudah dibangun dengan lambung kapal ini dan telah terbukti memiliki rekam jejak yang lebih aman saat melakukan operasi MCM. Secara operasional dan doktrin, Angkatan Laut Rusia masih tertinggal dari konsep operasional yang sudah terbukti dilakukan oleh pasukan MCM barat. Pergeseran besar yang dilakukan oleh angkatan laut barat sehubungan dengan operasi MCM adalah perubahan dari penyapu ranjau menjadi pemburu ranjau. Menyapu ladang ranjau melibatkan kapal atau helikopter yang menyeret instalasi sapu ranjau tersebut ke dalam ladang ranjau. Operasi semacam ini dapat menciptakan koridor yang aman di ladang ranjau dengan cepat tetapi menimbulkan risiko bagi kapal yang melakukan operasi tersebut. Karena kapal diperkirakan akan melewati ladang ranjau sebelum instalasi ranjau yang diseretnya dapat lewat, ada risiko ranjau laut dapat merusak atau menenggelamkan kapal itu. Hal ini dimungkinkan karena ketebatasan rusia atau karena doktrin yang dipakainya masih dengan cara itu. Fletcher (2000) menjelaskan bahwa visi dari UUV/AUV sebagai bagian integral dari kekuatan pertempuran digambarkan dengan empat kemampuan khusus yang dipandang penting untuk tujuan jangka pendek dan jangka panjang yaitu,:

- a) Pemanfaatan kemampuan pengintaian maritim dari kapal selam tanpa awak ini adalah sebagai sarana mengumpulkan informasi dari area yang telah ditentukan secara tepat waktu dan terselubung.
- b) Pencarian dan Survei Bawah Laut dalam rangka melayani kebutuhan data oseanografi taktis dan pengintaian/netralisasi ranjau.

- c) UUV juga dapat digunakan sebagai Alat Bantu Navigasi/Komunikasi, dalam rangka menyediakan konektivitas yang berharga di bidang pertahanan yang terhubung pada jaringan.
- d) Terakhir, adalah untuk mendeteksi dan mencari jalur Kapal Selam dan dengan ini akan meningkatkan kemampuan baru dalam menemukan target.

### **2.1.9 Maritime Border Patrol**

Patroli Perbatasan didefinisikan sebagai kemampuan untuk mendeteksi, merespon, dan menghalangi penetrasi perbatasan di daerah yang dianggap sebagai prioritas tinggi untuk potensi ancaman atau tujuan keamanan nasional lainnya (Haddal, 2010). Darmaputra (2009) menjelaskan bahwa secara umum, perbatasan merupakan sebuah garis demarkasi antara dua negara yang berdaulat. Dalam konteks perbatasan laut, Caflisch (1991) menjelaskan bahwa *maritime boundaries* merupakan gambar garis yang mendefinisikan ruang laut di bawah yurisdiksi suatu negara, yaitu ruang yang tidak bersinggungan dengan ruang laut negara lain. Hal ini adalah tindakan sepihak dimana negara memisahkan zona maritim dari laut lepas. Penetapan batas maritim adalah operasi yang dilakukan oleh dan antara dua atau lebih negara bagian dengan tujuan untuk memisahkan wilayah yang tumpang tindih di mana hak-hak negara pantai tersebut bertentangan, dengan masing-masing negara bercita-cita untuk mendapatkan yurisdiksi spasial atas ruang laut yang sama.

Batas maritim (*maritime boundaries*) merupakan wilayah geografis di mana negara bagian, bisnis, dan individu beroperasi. Sistem hukum internasional di laut lahir dari Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut (UNCLOS) tahun 1958 dan perkembangan paralel dari hukum kebiasaan internasional. Akibatnya, banyak negara telah memperkenalkan zona ekonomi eksklusif (ZEE) 200 mil laut lepas pantai, menyebabkan banyak sengketa perbatasan antara perairan pantai "berdekatan" atau "berlawanan", atau lebih serius. Beberapa dari batasan

ini dengan cepat dicabut, tetapi banyak yang masih dalam perdebatan (Byers, 2018).

*Maritime border control* (kontrol perbatasan maritim) merupakan istilah yang digunakan *Homeland Security* dalam bentuk skenario kontrol perbatasan maritim yang saling terintegrasi untuk deteksi, pelacakan dan identifikasi beberapa target angkatan laut (Giompapa et al, 2008). Secara tradisional, sistem yang melakukan operasi pengawasan termasuk sensor darat, kapal, pesawat patroli dan/atau sensor antariksa, dalam beberapa kasus dikoordinasikan oleh fasilitas *Command & Control* (C&C) terpusat, tetapi dengan tingkat integrasi dan interoperabilitas yang rendah. Namun demikian, dalam beberapa tahun terakhir kompleksitas sistem untuk melakukan operasi pengawasan untuk kontrol perbatasan maritim telah berkembang secara signifikan karena peningkatan kinerja yang ditawarkan oleh semua teknologi seperti sensor menyediakan rentang dan resolusi yang lebih besar. Pesawat tidak berawak (UAV) yang mengalami kemajuan dalam kemampuan integrasi sensor, daya tahan dan otonomi (*autonomous*) (Melgar et al, 2010). Uni Eropa juga melakukan kontrol perbatasan maritim dalam konteks menjaga bahwa langkah-langkah Eropa, khususnya Regulasi Frontex dan Regulasi Perbatasan Laut Eksternal, diberlakukan dan diimplementasikan sedemikian rupa dengan menghormati standar yang terkait dari hukum laut internasional serta hukum hak asasi manusia (Proelss, 2019).

Merujuk pada hukum internasional, Jean Marc F. Blanchard dalam Wuryandari (2009:37) menyatakan perbatasan memiliki beberapa fungsi, yaitu:

- a) Fungsi militer strategis
- b) Fungsi ekonomis perbatasan
- c) Fungsi konstitutif
- d) Fungsi identitas nasional
- e) Fungsi persatuan nasional
- f) Fungsi pembangunan negara bangsa

g) Fungsi pencapaian kepentingan domestik

Penetapan mengenai batas wilayah suatu negara antara masa lalu dan saat ini telah mengalami banyak perubahan. Perkembangan mutakhir di bidang hukum internasional menjadi salah satu aspek yang memberikan kontribusi terhadap perubahan tersebut. Pada masa lalu, batas wilayah suatu negara cenderung dipengaruhi oleh kegiatan kolonialisme. Namun, saat ini hukum internasional menjadi salah satu instrumen yang digunakan sebagai pedoman dalam menentukan batas wilayah.

Dalam perkembangannya, batas wilayah negara tersebut lebih ditentukan oleh sumber-sumber dan proses-proses hukum internasional seperti *self-determination*, asas *uti possidetis juris*, dan perjanjian batas negara. Ketiga cara ini telah diakui oleh masyarakat internasional sebagai suatu cara dalam penentuan wilayah bagi negara yang baru merdeka dari belunggu penjajah maupun yang baru berdiri melalui pelaksanaan hak menentukan nasib sendiri (Arifin, 2014:60).

Patroli Terkoordinasi (Patkor) merupakan patroli laut yang dilakukan masing-masing negara di wilayah perairan secara terkoordinasi. Patroli Terkoordinasi membantu membangun pemahaman dan interoperabilitas antar angkatan laut, dan memfasilitasi institusi tindakan untuk mencegah dan menekan penangkapan ikan *Illegal Unreported Unregulated* (IUU), perdagangan narkoba, terorisme maritim, perampokan bersenjata dan pembajakan. Indonesia sudah terlibat dengan berbagai negara dalam patroli terkoordinasi diantaranya dengan India, Malaysia, Singapura, Thailand dan Australia. Terdapat patroli perbatasan maritim antara Indonesia dengan India yang dinamakan Patroli Terkoordinasi India-Indonesia (Patkor Indindo) yang dilakukan antara Kapal Angkatan Laut India dengan kapal Angkatan Laut Indonesia di kawasan Samudra Hindia yang memulai patroli terkoordinasi selama dua hari. India dan Indonesia telah melaksanakan Patroli Terkoordinasi di sepanjang Garis Batas Maritim Internasional (IMBL) dua kali setahun sejak tahun 2002, dengan tujuan menjaga bagian penting dari Kawasan Samudera Hindia ini aman dan

terjamin untuk pelayaran komersial, perdagangan internasional dan perilaku kegiatan maritim yang sah (Asian News International, 2021).

Menyadari pentingnya keamanan Selat Malaka, negara pesisir membangun mekanisme kerja sama keamanan multilateral untuk menangani masalah bajak laut dengan menyepakati patroli terkoordinasi *Malacca Sea Patrol* (MSP) atau Patroli Terkoordinasi Malaysia, Singapura Indonesia (MALSINDO) pada 2004 (Storey, 2009). Kerja sama keamanan yang dilakukan ketiga negara tersebut tidak selamanya dapat efektif karena pada implementasinya masih terhambat masalah kedaulatan dan perbedaan persepsi terkait keterlibatan aktor eksternal. Namun di tengah adanya hambatan antara ketiga negara pesisir, keberadaan patroli terkoordinasi yang telah disepakati dapat dikatakan berhasil. Hal ini ditandai dengan menurunnya tingkat ancaman di perairan Selat Malaka (Suproboningrum, 2017).

Patroli terkoordinasi juga dilakukan antara Malaysia dan Indonesia yang dikenal Patroli Terkoordinasi (Patkor Malindo) yang diwakili angkatan laut yaitu Indonesia melalui TNI Angkatan Laut dan Malaysia melalui Angkatan Laut Malaysia (TLDM). Masing-masing TNI AL mengerahkan KRI Sutanto-377 yang berangkat dari Komando Armada 1 TNI AL, sedangkan TLDM menugaskan kapal perang Royal Malaysia Navy KD Laksamana Tun Abdul Jamil-135 di Selat Malaka. Patkor Malindo) antar angkatan laut yang rutin dilaksanakan empat kali dalam setahun dirancang untuk menjaga keamanan dan stabilitas di Selat Malaka. Patkor Malindo 149/20 melaksanakan latihan *passing* meliputi Latihan Pengibaran Bendera, Latihan Kilat, Latihan Manuver dan diakhiri dengan *Sailing Pass* dengan pemberian salam yang dilakukan oleh kedua kapal perang (Indonesia Military, 2020).

Patroli Terkoordinasi dilakukan Indonesia dengan Singapura (Patkor Indosin) dilaksanakan antara TNI- AL dan *Republic of Singapore Navy* di Selat Malaka dan Selat Singapura. Bertujuan menegakkan hukum dalam rangka memelihara dan meningkatkan stabilitas keamanan di perairan

Selat. Dalam setahun kegiatan operasi dilaksanakan selama 240 hari yang mana masing-masing tahapan dilaksanakan dalam waktu 60 hari dengan melibatkan lima unsur kapal laut masing-masing negara. Indonesia juga melakukan patroli terkoordinasi dengan Thailand (Patkor IndoThai) yang dilaksanakan TNI-AL dan *Royal Thai Navy* bertujuan untuk mewujudkan keamanan di wilayah perairan perbatasan Indonesia-Thailand terhadap setiap pelanggaran dan ancaman tindak kejahatan di laut. Operasi patroli terkoordinasi ini digelar selama 30 hari dalam satu tahun (Aldebaran, 2016).

Indonesia dan Australia gelar patroli terkoordinasi di Selatan Saumlaki. Patroli laut di wilayah masing-masing negara ini untuk mengatasi kejahatan lintas batas yang dilakukan di selatan Saumlaki, Maluku. Untuk meningkatkan kerja sama maritim di antara kedua negara dan meningkatkan daya gentar terhadap berbagai kejahatan lintas batas, Indonesia dan Australia mengadakan Operasi Gannet ke-5. Operasi tersebut dilakukan dengan patroli bersama dan saling tukar informasi. Kerja sama Indonesia-Australia melalui operasi Gannet ini penting untuk kedua negara dalam mengatasi kejahatan maritim lintas negara. Apalagi kejahatan pencurian ikan adalah kejahatan yang sifatnya global (Pattisina, 2021).

#### **2.1.10 Sonar**

Sonar adalah proses untuk mendeteksi dan menemukan suatu objek dengan menerima suara yang dipancarkan oleh objek melalui proses sonar pasif atau dengan menerima gema yang dipantulkan dari objek yang tidak teridentifikasi dalam proses rentang gema proses sonar aktif (Bjorno, 2017). Sonar merupakan kependekan dari *Sound Navigation and Ranging*, yang berguna untuk menjelajahi dan memetakan lautan karena gelombang suara yang bergerak lebih jauh di dalam air daripada radar dan gelombang cahaya. Ilmuwan NOAA terutama menggunakan sonar untuk mengembangkan peta laut, menemukan bahaya bawah laut untuk navigasi, mencari dan memetakan objek di dasar laut seperti bangkai kapal, dan

memetakan dasar laut itu sendiri. Ada dua jenis sonar yaitu aktif dan pasif (NOAA, 2021).

Sonar aktif merupakan sonar yang memancarkan sinyal akustik atau pulsa suara ke dalam air. Jika sebuah objek berada di jalur pulsa suara, suara memantul dari objek dan mengembalikan "gema" ke transduser sonar. Jika transduser dilengkapi dengan kemampuan untuk menerima sinyal, dan mengukur kekuatan sinyal. Dengan menentukan waktu antara emisi pulsa suara dan penerimaannya, transduser dapat menentukan jangkauan dan orientasi objek. Sedangkan sistem sonar pasif digunakan terutama untuk mendeteksi kebisingan dari objek laut (seperti kapal selam atau kapal) dan hewan laut seperti paus. Tidak seperti sonar aktif, sonar pasif tidak memancarkan sinyalnya sendiri, yang merupakan keuntungan bagi kapal militer yang tidak ingin ditemukan atau untuk misi ilmiah yang berkonsentrasi pada "mendengarkan" laut secara diam-diam. Sebaliknya, itu hanya mendeteksi gelombang suara yang datang ke arahnya. Sonar pasif tidak dapat mengukur jangkauan suatu objek kecuali jika digunakan bersama dengan perangkat pendengar pasif lainnya. Beberapa perangkat sonar pasif memungkinkan triangulasi sumber suara (NOAA, 2021).

#### **2.1.11 Radar**

Radar adalah singkatan dari *radio detection and ranging* yang berarti deteksi dan penjangkauan melalui gelombang radio. Radar menggunakan sistem gelombang elektromagnetik berupa gelombang radio dan gelombang mikro yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat peta benda-benda seperti posisi pesawat terbang, kendaraan bermotor dan informasi cuaca/hujan (Edde, 1999).

Radar memanfaatkan prinsip *echo*. Untuk mengilustrasikan prinsip ini, jika peluit kapal dibunyikan di tengah lautan, gelombang suara akan menghilangkan energi mereka saat mereka melakukan perjalanan ke luar dan pada titik tertentu akan hilang sama sekali. Namun, jika peluit dibunyikan di dekat objek seperti tebing, sebagian gelombang suara yang

dipancarkan akan dipantulkan kembali ke kapal sebagai gema. Bentuk sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar tergantung pada jenis informasi yang dibutuhkan tentang target. Radar, seperti yang dirancang untuk aplikasi navigasi laut, dimodulasi pulsa. Radar termodulasi pulsa dapat menentukan jarak ke target dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk ledakan energi frekuensi radio (r-f) yang sangat singkat untuk melakukan perjalanan ke target dan kembali ke sumbernya sebagai gema yang dipantulkan. Antena pengarah digunakan untuk mentransmisikan pulsa dan menerima gema yang dipantulkan, sehingga memungkinkan penentuan arah atau arah gema target. Setelah waktu dan arah diukur, target atau gema ini dihitung dan ditampilkan di layar radar. Tampilan radar memberikan operator pandangan mata burung di mana target lain relatif terhadap kapal sendiri (National Imagery and Mapping Agency, 2001).

Radar adalah perangkat aktif. Radar menggunakan energi radionya sendiri untuk mendeteksi dan melacak target. Itu tidak tergantung pada energi yang dipancarkan oleh target itu sendiri. Kemampuan untuk mendeteksi target pada jarak yang jauh dan untuk menemukan posisinya dengan akurasi tinggi adalah dua atribut utama radar. Ada dua kelompok frekuensi radio yang dialokasikan oleh standar internasional untuk digunakan oleh sistem radar laut sipil. Kelompok pertama terletak pada Xband yang sesuai dengan panjang gelombang 3 cm, dan memiliki rentang frekuensi antara 9300 dan 9500 MHz. Kelompok kedua terletak pada S-band dengan panjang gelombang 10 cm, dan memiliki rentang frekuensi 2900 hingga 3100 MHz. Terdapat juga persyaratan mendasar radar laut adalah transmisi dan penerimaan terarah, yang dicapai dengan menghasilkan sinar horizontal yang sempit. Untuk memfokuskan energi radio menjadi sinar sempit, hukum fisika berlaku dan panjang gelombang harus berada dalam kisaran beberapa centimeter (National Imagery and Mapping Agency, 2001).

## 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Ada beberapa hasil penelitian terdahulu yang memiliki tingkat relevansi dengan penelitian ini, terutama dari para ilmuwan maupun praktisi yang fokus membahas masalah-masalah terkait dengan isu-isu seputar pemanfaatan *unmanned system* untuk kebutuhan non-militer, penggunaan kapal tak berawak untuk pemantauan, penggunaan berbagai *unmanned system* oleh angkatan laut, dan penerapan *autonomous buoy system* untuk pemantauan kondisi lingkungan.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang bersumber dari beberapa jurnal. Penelitian yang dilakukan oleh Yusro *et al* (2013) yang berisi tentang *Unmanned Aerial System* (UAS) untuk mengidentifikasi lokasi korban hidup dalam bencana Tsunami. UAS dirancang dengan mengintegrasikan kamera termal, *global positioning system* (GPS), *single board computer* (SBC), dan *fix wing unmanned aerial vehicle* (UAV) dengan sistem base (*ground*) station, dan menggunakan komunikasi nirkabel. Penelitian yang dilakukan oleh Johnston *et al* (2017) menjelaskan tentang pengembangan kemampuan *AutoNaut unmanned surface vessel* (USV) yang didorong gelombang dalam peran pengawasan, dan hemat biaya dalam operasional USV dalam tantangan yang berkembang dalam mengawasi wilayah laut. Penelitian yang dilakukan oleh Mclaughlin (2011) menjelaskan tentang undang-undang menerapkan berbagai bentuk pembatasan dan pengaturan atas perencanaan dan pelaksanaan operasi maritim. Tetapi sama pentingnya untuk menyadari bahwa hukum juga merupakan senjata penting dalam pelaksanaan operasi maritim.

Penelitian yang dilakukan oleh Smyth *et al* (2010) menjelaskan tentang sebuah sistem *buoy* untuk terus memantau lingkungan pesisir dan terbuka yang menuntut operasional di Selat Inggris bagian barat. *Buoy* mengukur berbagai parameter fisik dan biogeokimia setiap jam di dua lokasi pemantauan jangka panjang yang telah ditetapkan dan datanya diteruskan ke pantai dalam waktu dekat menggunakan komunikasi radio. Penelitian yang dilakukan oleh Rashid *et al* (2019) menjelaskan tentang kinerja panel

*ferrocement* yang berfokus pada sifat mekanik, penyerapan air, dan daya tahan. Serangkaian spesimen dicetak dengan lapisan mesh tunggal dan ganda. Penelitian yang dilakukan oleh Reddy *et al* (2020) menjelaskan tentang *review* panel *ferrocement* komposit ringan bahwa kinerja *ferrocement* sangat tergantung pada karakteristik *mesh* penguat dan campuran mortar. Penelitian yang dilakukan oleh Fefilatyev *et al* (2009) menjelaskan tentang sistem yang dirancang untuk mengambil video dan citra permukaan laut di sekitarnya dan menganalisisnya untuk keberadaan kapal, sehingga berpotensi memungkinkan deteksi dan pelacakan otomatis kendaraan laut saat mereka transit di sekitar *platform*.

Penelitian yang dilakukan oleh Ludeno *et al* (2018) menyajikan hasil kegiatan pemantauan keadaan laut radar *buoy* dan X-band terintegrasi yang dilakukan di pantai selatan Sisilia. Pekerjaan tersebut melibatkan integrasi data *buoy* dan radar, serta akuisisi simultan nilai ketinggian gelombang signifikan (SWH) dari dua set radar serupa yang terletak sedikit jauh satu sama lain dan beruntung yang terjadi selama dua badai pada musim dingin 2014-2015. Penelitian yang dilakukan oleh Munandar *et al* (2018) menyajikan tentang wahana terapung seperti *wave buoy* dengan sensor percepatan telah banyak digunakan untuk mengukur gelombang permukaan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat *wave buoys* sederhana sebagai pengukur tinggi gelombang di perairan pantai serta menguji coba kinerja alat yang dihasilkan pada skala laboratorium dan skala lapang, sehingga alat yang dihasilkan mampu bekerja dengan baik. Hasil perhitungan terhadap dimensi atau ukuran *buoy* diperoleh nilai metasentrum sebesar 2,5 dimana hal ini menunjukkan bahwa wahana pelampung stabil.

**Tabel 2.1 Hasil Penelitian Relevan Terdahulu**

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	<p>“<i>Unmanned Aerial System for Identifying Alive Victim Location In Tsunami Disaster</i>”</p> <p>(Yusro <i>et al</i>, 2013)</p> <p><i>Journal of Electrical Engineering, Bandung Institute of Technology, International Conference on Electronics, Information and Communication (ICEIC)</i></p>	R & D	<p><i>Unmanned Aerial System (UAS)</i> yang dirancang dengan mengintegrasikan kamera termal, <i>global positioning system (GPS)</i>, <i>single board computer (SBC)</i> pada <i>fixed wing UAV</i> yang dapat disebut sebagai <i>space station</i> dengan sistem <i>ground control station</i> menggunakan komunikasi nirkabel.</p>	<p>Penggunaan sistem teknologi <i>unmanned system</i>, mendukung perkuatan keamanan maritim, menjadi informasi untuk bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan permasalahan di laut.</p>	<p>Penggunaan UAS yang dinamis saat operasional di atas perairan, sedangkan penelitian ini menggunakan prinsip <i>unmanned system</i> yang statis selama operasional. Penelitian Yusro hanya dapat mengidentifikasi objek di atas permukaan laut, sedangkan penelitian ini dapat mengidentifikasi objek di bawah permukaan laut. Penelitian Yusro memiliki teknologi yang terbatas dengan waktu operasional, sedangkan penelitian ini akan menggunakan teknologi yang dapat beroperasi secara terus menerus selama 24 jam berlangsung hingga bertahun-</p>

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
					tahun selama daya yang tersimpan masih ada.
2	<p><i>"Marine Surveillance Capabilities of the AutoNaut Wave-Propelled Unmanned Surface Vessel (USV)"</i> (Johnston et al, 2017)</p> <p><i>Journal of Oceans-Aberdeen (pp. 1-46). IEEE.</i></p>	R & D	Pengembangan kemampuan kapal permukaan tak berawak (USV) AutoNaut berpeluncur gelombang dalam peran pengawasan, dan bagian yang hemat biaya yang dapat dimainkan USV dalam tantangan yang terus berkembang dalam mengawasi wilayah laut.	Penggunaan teknologi <i>unmanned system</i> , bertujuan dalam memonitoring perairan dari ancaman yang akan datang dan memiliki konsep energi <i>renewable</i> yang diterapkan dalam sistem teknologi.	Penelitian Johnston hanya fokus memonitoring ancaman yang ada di atas permukaan air, sedangkan penelitian yang akan dilakukan fokus pada dua wilayah yaitu atas dan bawah permukaan air. Johnston menerapkan konsep dinamis dengan titik yang terpantau melalui satelit sedangkan penelitian yang akan dilakukan sistem teknologi akan tetap dalam wilayahnya selama operasional. Penelitian Johnston selalu membutuhkan personel untuk mengawasi pergerakan USV, sedangkan penelitian yang

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
					akan dilakukan tidak selalu butuh pengawasan oleh personel.
3	<p>“<i>Unmanned Naval Vehicles at Sea: USVs, UUVs, and the Adequacy of the Law</i>”</p> <p>(Mclaughlin, 2011)</p> <p><i>Journal Inf. &amp; Sci.</i>, 21, 100.</p>	Kualitatif	Peran angkatan laut dalam menjaga wilayah perairan melalui patroli dengan menggunakan <i>unmanned system</i> beserta tinjauan hukumnya. Berangkat dari maraknya ancaman di laut, seperti dalam penanganan terorisme maritim, angkatan laut berperan dalam penanggulangannya. Di antaranya dengan menggunakan UUV dan USV	Penggunaan teknologi <i>unmanned system</i> , penggunaan teknologi oleh Tentara Angkatan Laut, menjaga wilayah perairan dari ancaman, <i>monitoring</i> maritim baik dari atas dan bawah permukaan laut.	Perbedaan penelitian MCLAughlin dengan penelitian yang akan dilakukan diantaranya konsep <i>monitoring</i> berjalan secara dinamis dan penelitian ini berkonsep <i>monitoring</i> yang statis. Sumber daya teknologi McLaughlin terbatas pada beberapa waktu, sedangkan penelitian ini akan menggunakan <i>renewable</i> energi dari angin dan sinar matahari.
4	<p>“<i>Technology, Design, and Operation of an Autonomous Buoy System in the Western English Channel</i>”</p>	R & D	<i>Autonomous Buoy System</i> yang telah lama dikembangkan, salah satunya untuk terus memantau lingkungan pesisir dan <i>shelf-zone</i> , misalnya area yang	Penggunaan <i>autonomous buoy system</i> , pemantauan yang dilakukan terus menerus dan dikirim ke	Perbedaannya adalah material yang digunakan, penelitian yang akan dilakukan menggunakan material <i>ferrocement</i> . Perbedaan lainnya adalah tujuan <i>montoring</i>

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
	(Smyth <i>et al</i> , 2010)  <i>Journal of Atmospheric and Oceanic Technology</i> , vol. 27(12), hh. 2056-2064.		membutuhkan pemantauan terus menerus seperti di Selat Inggris bagian barat. Tantangan teknologi yang dihadapi dalam pemanfaatannya untuk laut jangka panjang termasuk desain tambat, sistem peringatan, komando dan kontrol, dan komunikasi radio, juga bagaimana masing-masing persoalan ini diatasi.	pusat informasi, konsep operasional teknologi yang statis, menggunakan sumber daya energi terbarukan dari solar dan angin, menggunakan beberapa sensor.	Smith untuk lingkungan, sedangkan penelitian yang akan dilakukan untuk keamanan dan keselamatan pelayaran. Fokus <i>monitoring buoy</i> pada penelitian Smith hanya di atas permukaan laut, sedangkan penelitian yang dilakukan tidak hanya di atas tetapi juga di bawah permukaan laut.
5.	"Durability and Performance of Ferrocement Infill Wall Panel" (Rashid <i>et al</i> , 2019)  Civil Engineering Journal Vol. 5, No. 6, June, 2019	R & D	Ferosemen terdiri dari mortar semen yang diperkuat dengan wire mesh baja berdiameter kecil dengan jarak yang berdekatan untuk membentuk bagian tipis yang sesuai dengan kinerja servis yang tinggi. Studi ini menyelidiki kinerja panel ferosemen yang berfokus pada	Penggunaan material <i>ferrocement</i> dengan wire mesh baja berdiameter kecil	Pemanfaatan <i>ferrocement</i> sebagai wahana <i>buoy</i>

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
			sifat mekanik, penyerapan air, dan daya tahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja kekuatan lentur berkurang masing-masing sebesar 52% dan 35% untuk sampel wire mesh lapisan tunggal dan ganda diikuti oleh lingkungan korosi.		
6.	<p><i>"Lightweight Composite Ferrocement Structural Elements: A Review"</i> (Reddy <i>et al</i>, 2020)</p> <p><i>International Journal For Research &amp; Development In Technology Volume-9, Issue-5(May-18) ISSN (O) :- 2349-3585</i></p>	Kualitatif	Ferrosement memiliki aplikasi yang luas dalam pekerjaan perumahan, arsitektur, dan isolasi yang lebih ringan dan murah. Tetapi aplikasi strukturalnya dari aspek bantalan beban dan bantalan non-beban masih belum dimanfaatkan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan review panel <i>ferrocement</i> Komposit Ringan. Meskipun banyak studi eksperimental telah dilakukan tetapi hanya sedikit yang benar-benar memberikan metrik penilaian berat vs. kekuatan untuk konstruksi ringan yang	Pemanfaatan <i>ferrocement</i> dengan menggunakan mesh dan campuran mortar	Aplikasi pemanfaatan <i>ferrocement</i> untuk sebuah wahana berupa <i>bouy</i>

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
			<p>optimal. Metrik kinerja <i>ferrocement</i> sangat tergantung pada karakteristik: mesh penguat dan campuran mortar.</p>		
7.	<p>“<i>Autonomous Buoy Platform for Low-Cost Visual Maritime Surveillance: Design and Initial Deployment</i>” (Fefilyatsev <i>et al</i>, 2009)</p> <p><i>Ocean Sensing and Monitoring, edited by Weilin (Will) Hou, Proc. of SPIE Vol. 7317, 73170A © 2009 SPIE</i></p>	R & D	<p>Sistem ini otonom dan dirancang untuk tetap berada di laut untuk waktu yang lama hingga dua bulan. Ini didasarkan pada <i>Bottom Stationing Ocean Profiler (BSOP)</i>, sebuah <i>platform</i> otonom yang tidak terikat yang menempatkan dirinya di dasar laut dan naik ke permukaan pada interval waktu tertentu atau, berpotensi, ketika dipicu oleh peristiwa tertentu seperti sinyal akustik yang dapat dikenali, dikumpulkan dan dianalisis di atas kapal. Operasi permukaan</p>	<p>Penempatan wahana untuk pemantauan keamanan maritim</p>	<p>Material bouy, ukuran <i>buoy</i>, fungsi <i>bouy</i> yang berbeda dengan FECABS</p>

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
			<p>sistem meliputi akuisisi data optik, analisis data gambar, komunikasi dengan stasiun bumi, dan fungsi berbasis pengambilan. Sistem ini dirancang untuk mengambil video dan citra permukaan laut di sekitarnya dan menganalisisnya untuk keberadaan kapal, sehingga berpotensi memungkinkan deteksi dan pelacakan otomatis kendaraan laut saat mereka transit di sekitar <i>platform</i>. Sistem mentransmisikan data ke kontrol darat melalui tautan satelit RF dua arah dan dapat memprogram ulang parameter misinya selama penerapan.</p>		

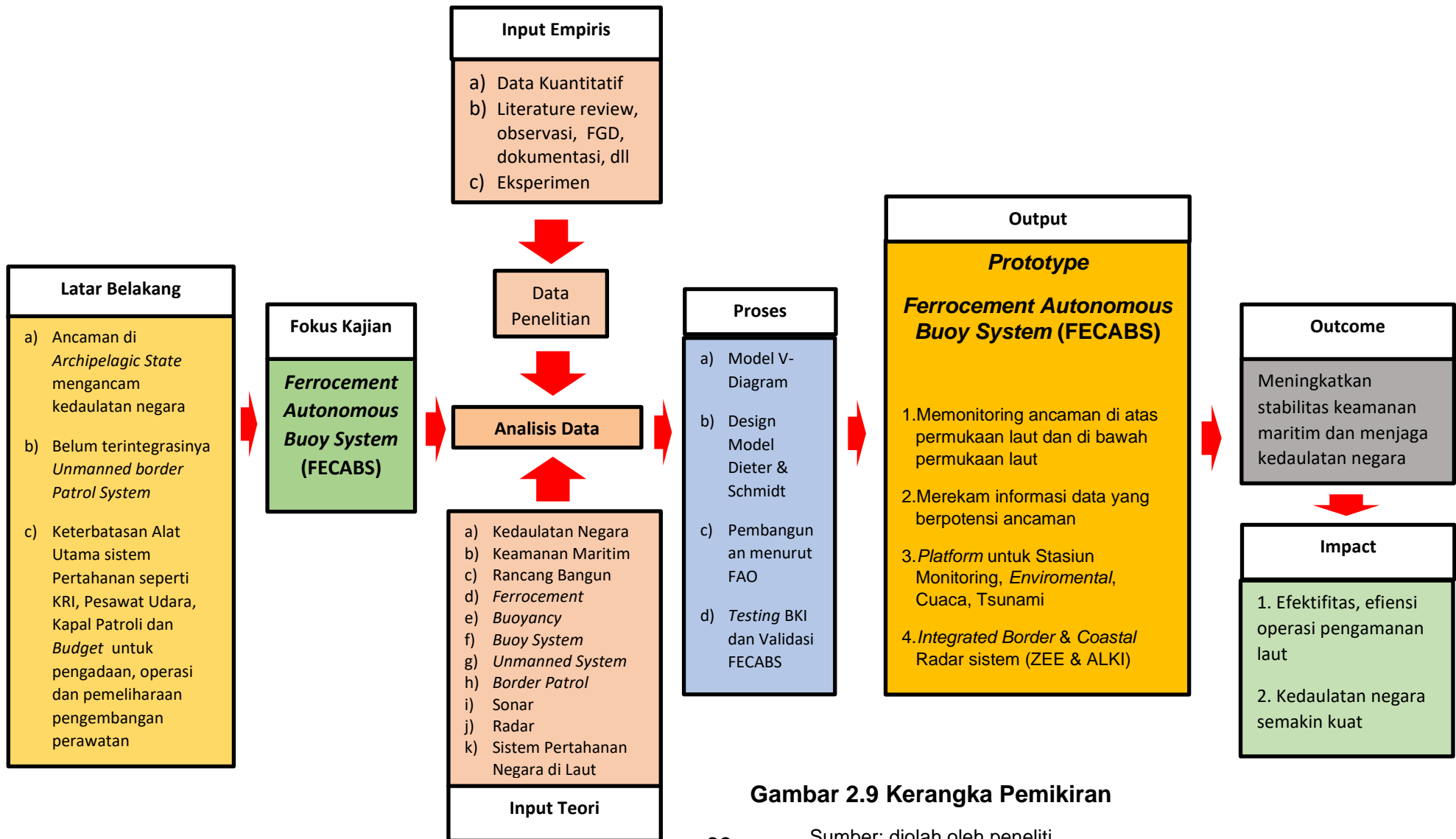
NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
8.	<p>“<i>Integration between X-Band Radar and Buoy Sea State Monitoring</i>” (Ludeno <i>et al</i>, 2018)</p> <p><i>Journal of Coastal Research Vol. 34, Issue 6 (Nov 2018), pg(s) 1358-1366</i></p>	Kuantitatif	<p>Makalah ini menyajikan hasil kegiatan pemantauan keadaan laut radar pelampung dan X-Band terintegrasi yang dilakukan di pantai selatan Sisilia. Pekerjaan tersebut melibatkan integrasi data pelampung dan radar, serta akuisisi simultan nilai <i>Significant Wave Height (SWH)</i> dari dua set radar serupa yang terletak agak jauh satu sama lain – keadaan langka dan beruntung yang terjadi selama dua badai pada musim dingin 2014-2015. Konsistensi dan pengulangan yang baik dicapai antara kedua radar dan keandalan radar X-Band sebagai sistem pemantauan gelombang dikonfirmasi oleh perbandingan</p>	Menggunakan <i>buoy</i> sebagai alat pemantauan dan penggunaan radar dengan integrasi data.	Tidak hanya perhitungan data melainkan juga membangun wahana <i>buoy</i> untuk pemantauan keamanan maritim dengan berbagai sensor seperti radar, ais dan sonar.

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
			dengan pengukur gelombang pelampung.		
9.	<p>“Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Wave Buoy Sebagai Alat Pengukur Tinggi Gelombang Pesisir” (Munandar <i>et al</i>, 2018)</p> <p><i>Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis Vol. 10 No. 1, Hlm. 1-14</i></p>	R & D	<p>Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat wave buoy sederhana sebagai pengukur tinggi gelombang di perairan pantai serta menguji coba kinerja alat yang dihasilkan pada skala laboratorium dan skala lapang, sehingga alat yang dihasilkan mampu bekerja dengan baik. Hasil perhitungan terhadap dimensi atau ukuran buoy diperoleh nilai metacentrum sebesar 2,5 dimana hal ini menunjukkan bahwa wahana pelampung stabil. Alat yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik mampu menyimpan data, memiliki nilai akurasi yang</p>	<p>Menggunakan buoy sebagai wahana yang ditempatkan di laut. Memiliki kesamaan fungsi sebagai perekam data.</p>	<p>Material buoy, fungsi buoy dan bentuk buoy yang berbeda dengan FECABS. Tidak memiliki berbagai sensor seperti radar, ais dan sonar.</p>

NO	JUDUL PENELITIAN, PENULIS, DAN SUMBER	METODE PENELITIAN	HASIL PENELITIAN	PERSAMAAN	PERBEDAAN
			tinggi dapat merekam gelombang dengan periode kecil hingga periode besar.		

### 2.3 Kerangka Pemikiran

Penyusunan kerangka pemikiran dalam penelitian ini terbagi dalam lima bagian utama yaitu *input*, proses, *output*, *outcome* dan *impact*. Input penelitian dalam disertasi ini membahas tentang latar belakang, permasalahan dan tujuan. Proses penelitian mencakup pertanyaan-pertanyaan yang perlu dijawab dalam desain penelitian terkait dengan persyaratan, perancangan, pembangunan dan pengujian sistem teknologi FECABS. Kemudian output dari penelitian ini menghasilkan sistem teknologi FECABS yang siap digunakan untuk mencapai tujuan di dalam input. *Outcome* berupa harapan yang dapat dicapai dalam penelitian ini. *Impact* menunjukkan dampak yang dihasilkan dari penelitian ini. Berikut kerangka penelitian terdapat di bawah ini.



**Gambar 2.9 Kerangka Pemikiran**

Sumber: diolah oleh peneliti

## 2.4 Ide Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang disajikan pada latar belakang penelitian ini terdiri dari: Pertama, Indonesia sejak dahulu merupakan negara yang didominasi oleh lautan dan memiliki banyak pulau. Indonesia berharap dapat menghubungkan pulau-pulau ini serta wilayah perairannya menjadi satu kesatuan kepulauan, tetapi UNCLOS 1982 mengakui hal itu dengan syarat adanya jalur pelayaran internasional di dalam kepulauannya. Oleh karena itu, Indonesia membentuk Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) untuk melindungi kedaulatan negara dengan menentukan jalur pelayaran internasionalnya sendiri. Penetapan ALKI berdampak pada keamanan dan keselamatan kapal layar di Indonesia dan negara lain. Untuk menjaga kedaulatan, keselamatan dan keamanan nasional perlu dilakukan pendeteksian dan pemantauan jalur ALKI di atas dan di bawah permukaan laut. Hal ini dilakukan dengan memetakan kapal-kapal yang berlayar pada peta ALKI untuk tetap berada di jalurnya.

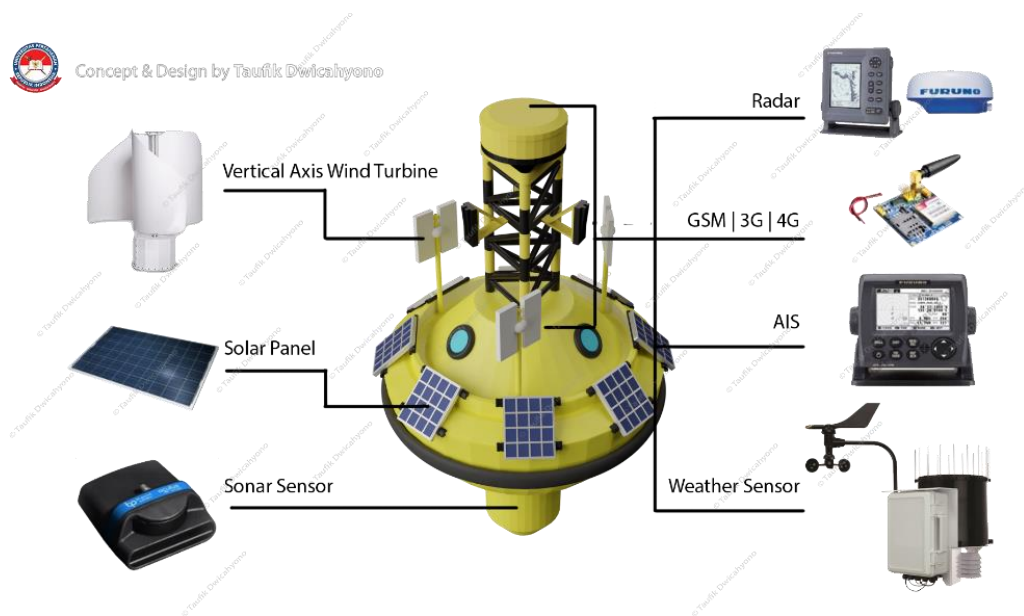
Kedua, selain dari segi keselamatan, Indonesia juga harus menjaga keamanan terhadap kapal-kapal yang berlayar karena banyak ancaman yang dapat ditimbulkan dari pelayaran tersebut. Seperti misalnya pencurian sumber daya alam, pembajakan, perampokan, terorisme, pencemaran lingkungan, perdagangan ilegal seperti senjata, manusia, narkoba dan masuknya kapal selam asing. Ketiga, sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki tantangan dalam menjaga wilayah pantai yang panjang, meskipun sudah tersedia kapal patroli namun hal ini membutuhkan waktu dan biaya yang besar.

Maka untuk mengisi gap tersebut dibutuhkan suatu teknologi alternatif yang terjangkau dan dapat dibangun di dalam negeri dengan memanfaatkan sumber daya alam yang berlimpah. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat teknologi *unmanned system*. Salah satu dari sekian teknologi *unmanned system* dengan jenis statis yang terjangkau adalah *buoy*. Untuk itu, penelitian ini melakukan rancang bangun *buoy* yang memiliki kemampuan deteksi, *monitoring* dan merekam informasi secara

*autonomous* baik di atas dan di bawah permukaan laut dengan menggunakan sonar, AIS, dan radar. Selain itu *buoy* tersebut dibuat dengan *material ferrocement* yang terjangkau dan mudah dibangun di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjawab ketiga permasalahan tersebut. Oleh karena itu, penelitian doktoral ini mengajukan gagasan-gagasan baru sebagai berikut:

1. *Ferrocement Autonomous Buoy System (FECABS)* merupakan sistem teknologi pertahanan berupa *buoy* yang menggunakan material *ferrocement* yang dilengkapi beberapa komponen utama berupa radar, AIS, sonar dan berbagai perangkat pendukung lainnya seperti radio, kamera, instrumen cuaca dan sebagainya. Teknologi ini dapat mengumpulkan data tentang lokasi dan posisi kapal sehingga dapat dilihat apakah sesuai dengan jalur pelayaran yang telah ditetapkan, misalnya di ALKI dapat dilakukan penegakan hukum dengan memberi peringatan/protes kepada pemilik atau negara asal kapal. Penegakan hukum ini merupakan bagian dari penegakan kedaulatan. FECABS ini juga dirancang dengan menggunakan material *ferrocement* yang dibuat dari mortar semen hidrolis dengan tulangan kawat jala yang menerus dan lapisan yang rapat serta ukuran kawat yang relatif kecil. Material *ferrocement* ini memiliki karakteristik seperti kekuatan tarik dan lentur yang tinggi serta kedap air yang tinggi sehingga layak ditempatkan di atas perairan ALKI. Selain memiliki keunggulan yang mudah dikerjakan dan ramah lingkungan, material *ferrocement* ini juga terjangkau dan mudah didapatkan di Indonesia. FECABS juga memiliki sumber daya energi yang berasal dari *Panel Surya* dan *Wind Turbine*, sehingga mampu berjalan selama 24 jam. Berikut peneliti berikan gambar konseptual desain *buoy system* yang diharapkan mampu melakukan *monitoring* terhadap

ancaman yang datang baik dari atas dan bawah permukaan laut.



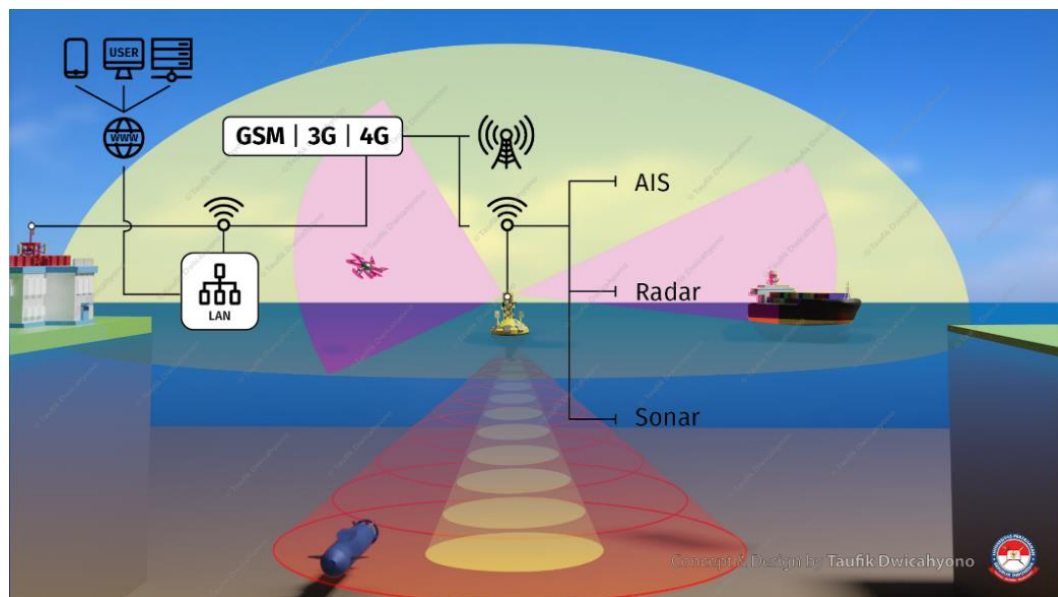
**Gambar 2.10 Konseptual Desain FECABS**

Sumber: diolah oleh peneliti

Input yang dilakukan berupa *design requirement* dan tujuannya (*objectives*), sedangkan yang menjadi batasan dari desain tersebut adalah spesifikasi, regulasi dan ukuran dimensinya yang telah ditentukan seperti kebutuhan proses transportasi dan sebagainya. Radar dalam penelitian ini belum menggunakan stabilisator karena dalam konseptual desain untuk jangkar yang akan dipasang dalam penelitian ini berjumlah tiga sehingga tingkat kestabilan FECABS masih dapat dicapai dengan menjaga gerakan FECABS naik turun. Jika diperlukan akan dibuat stabilisator seperti bandul.

2. FECABS dirancang sebagai bagian dari sistem *Static Maritime Border Patrol*, untuk mengawasi perairan ALKI dengan kontrol secara autonomous yang mampu aktif dalam waktu 24

jam. FECABS ini memiliki kemampuan sistem teknologi yang dalam memantau dan merekam berbagai informasi yang bersumber baik dari atas dan bawah permukaan laut dalam menjaga keselamatan dan keamanan maritim. FECABS juga memiliki fungsionalitas yang tinggi dalam hal pemantauan, pemeriksaan, pengamatan dan terhadap kapal-kapal asing yang melanggar perairan ALKI dan berpotensi mengancam kedaulatan negara. FECABS dapat melakukan operasionalnya dengan menangkap signal dari berbagai sensor radar, sonar dan ais yang kemudian ditransmit menggunakan signal GSM/3G/4G ke pusat kendali. Berbagai sensor radar, sonar, ais dan lainnya yang digunakan pada FECABS merupakan *marine standart*. Pada prinsipnya sesuatu benda yang berada di bawah laut dapat dideteksi menggunakan sonar. Untuk mendeteksi kapal selam di perlu kan sonar yang memiliki jangkauan yang sangat dalam. Dalam penelitian ini sonar yang digunakan hanya sonar sederhana yang dapat mendeteksi objek dengan kedalaman terbatas cukup untuk membuktikan sistem teknologi ini dapat mendeteksi dibawah dan diatas permukaan laut dan data dapat ditransmisikan ke pantai (*proof of concept*). Berikut peneliti ilustrasikan gambar konsep operasional FECABS dengan jangkauan radar, sonar dan AIS pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.11 Konsep Operasional FECABS**

Sumber: diolah oleh peneliti

3. FECABS dapat digunakan menjadi pintu gerbang keluar masuk bagi jalur pelayaran internasional yang ditempatkan di *choke point* atau selat di Indonesia. Hal ini dilakukan dengan menempatkan beberapa FECABS di perairan tersebut dan data akan ditransmit antar FECABS dan diterima di pusat kendali. Namun dalam penelitian ini dilakukan secara terbatas untuk satu FECABS saja dengan membuktikan fungsi dan pengiriman informasi ke pusat kendali. *Cost benefit analysis* sederhana akan peneliti lakukan dalam akhir penelitian ini yang menggambarkan keunggulan dan kekurangan FECABS dibanding kapal patroli dalam menjaga wilayah laut. Berikut konsep operasional beberapa FECABS yang ditempatkan pada *choke point* yang disajikan dalam bentuk gambar di bawah ini.



**Gambar 2. 12 Konsep Operasional Multi FECABS**

Sumber: diolah oleh peneliti

4. Pembuatan teknologi FECABS ini memanfaatkan sumber daya baik teknologi/SDM ataupun sumber daya alam yang banyak dibuat di dalam negeri serta dengan memanfaatkan energi terbarukan yang melimpah di Indonesia.

## 2.5 Kebaruan dan Orisinalitas

Penelitian ini memiliki 6 kebaruan di antaranya: Pertama, sistem teknologi FECABS yang terbuat dari material *ferrocement* yang berfungsi memonitor ancaman baik di atas permukaan air segala arah dan di bawah permukaan laut. Kedua, kombinasi metodologi yang berbeda dalam tahapan rancang bangun dengan menggunakan V-diagram, Dieter & Schmidt, FAO dan BKI. Ketiga, model matematik dari *Ferrocement Autonomous Buoy System*. Keempat yaitu kombinasi teori-teori yang digunakan dalam penelitian di antaranya teori kedaulatan, keamanan maritim, sistem pertahanan negara di laut, rancang bangun, *ferrocement*, *buoyancy*, *buoy system*, *unmanned system*, *maritime border patrol*, sonar dan radar. Kelima, dalam penelitian rancang bangun, kebaruan yang

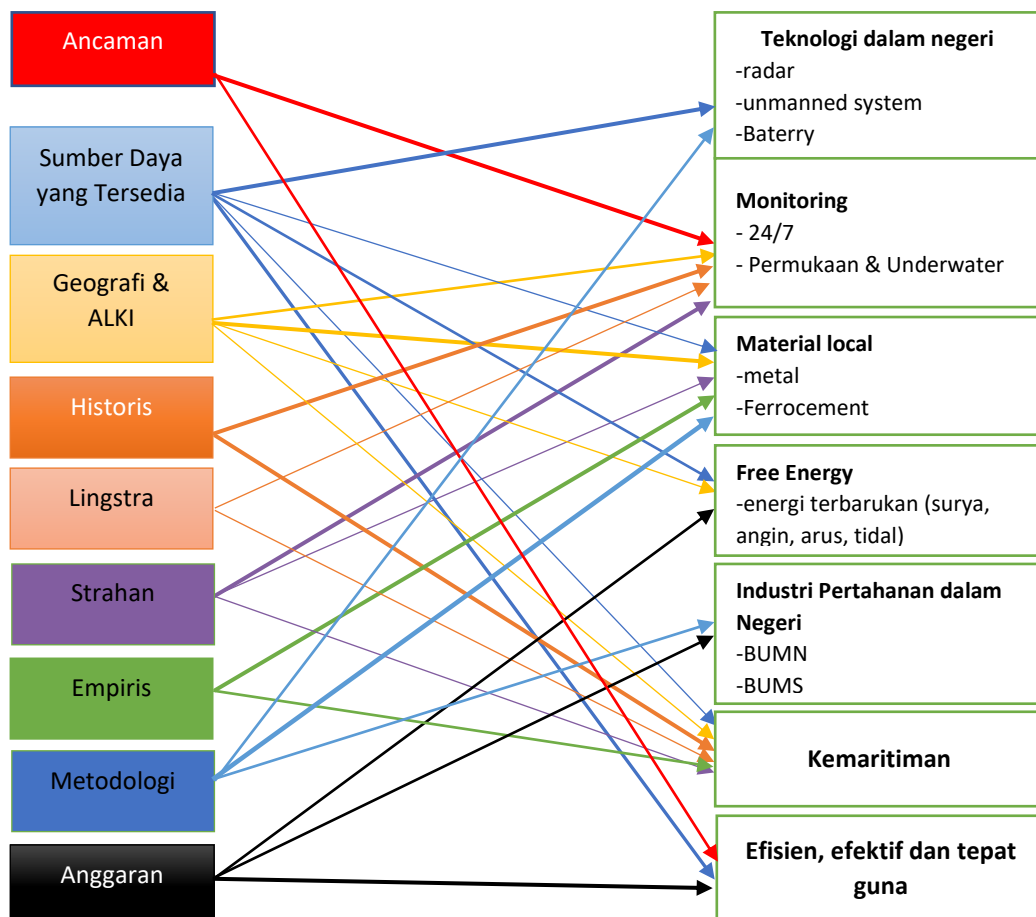
**Universitas Pertahanan RI**

dihasilkan berupa *prototype* FECABS. Keenam, FECABS dihasilkan dari *design requirement* yang spesifik mulai dari awal *design* sampai dengan pembuatan.

## 2.6 Kerangka Konseptual

Dick R Munaf dan Susanto menyatakan bahwa pelanggaran dan tindak kejahatan di/atau lewat laut yang menyebabkan kerugian negara secara fisik dan nonfisik masih berlangsung dan cukup signifikan. Jika tidak mendapat perhatian serius dari pemangku kepentingan akan berdampak kepada stabilitas keamanan dan keselamatan negara. Terkait itu, sarana yang digunakan adalah otomatisasi teknologi yang didukung oleh faktor-faktor atau lingkungan/ekosistem yakni (1) sumber daya yang tersedia; (2) geografi dan ALKI; (3) historis; (4) lingkungan strategis (*lingstra*); (5) strategi pertahanan (*Strahan*); (6) empiris; (7) metodologi; dan (8) anggaran. Kedelapan faktor tersebut juga diperkuat dengan berbagai kriteria yang membentuk suatu pola hubungan atau irisan (*subsite*), di mana seluruhnya memperkuat strategi untuk mencapai tujuan.

Beberapa kriteria dari hasil pendalaman terhadap faktor-faktor lingkungan/ekologi itu perlu diperhatikan dalam merancang solusi dari permasalahan yang ada. Hubungan antara faktor dan kriteria untuk memperkuat penelitian ini dapat dilihat dalam gambar 2.13. Dalam penelitian ini perlu diingat dalam rangka melakukan strategi mencapai tujuan (*ends*), fakultas teknologi pertahanan menjawab tantangan/ancaman dengan menggunakan segala potensi sumber daya (*means*) termasuk sumber daya alam (SDA) dan teknologi.



**Gambar 2.13 Seleksi kriteria terhadap faktor yang berpengaruh**

Sumber: diolah oleh peneliti

Dalam kalimat singkat, konsep kriteria bisa dirangkum sebagai berikut:

*“Untuk menjaga Kedaulatan Negara terhadap ancaman stabilitas keamanan maritim diperlukan sebuah sistem kemaritiman yang dapat memonitor selama 24/7 baik untuk permukaan dan underwater. Sistem tersebut dibuat oleh industri pertahanan dalam negeri (BUMN, BUMS) dengan memanfaatkan sebanyak mungkin*

*teknologi dan material/SDA lokal dengan memanfaatkan energi terbarukan yang mudah didapat sehingga menjadi sistem yang efisien, efektif dan tepat guna. Sistem ini sangat mempertimbangkan kemampuan produksi, material dan fungsi”.*