BAB 4
DESAIN *REQUIREMENT FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM*

4.1 Gambaran Umum Desain *Requirement* FECABS

Desain *Ferrocement Autonomous Buoy System* (FECABS) dibuat berdasarkan desain *requirement* yang diperoleh dari berbagai narasumber baik *user*, pakar, maupun regulator. Desain *requirement* disusun dan diperoleh dengan menggunakan kuesioner dan juga wawancara secara tertutup terhadap 22 narasumber dengan berbagai macam instansi yang sudah ditentukan. Setelah data diperoleh dari hasil wawancara tersebut, peneliti menentukan dan mempertimbangkan masing-masing masukan sesuai desain operasi FECABS saat di laut yang akan berpengaruh pada spesifikasi bentuk bangunan FECABS itu sendiri.

Peneliti dalam membuat desain FECABS melibatkan dua badan usaha milik swasta yaitu PT. Wahana Indra Sentosa (WISe) yang memiliki kapasitas dan kapabilitas dalam membangun sebuah wahana serta berpengalaman dalam membangun kapal dengan berbagai tipe. Peneliti juga melibatkan tim dari PT. 247 Solutions yang berpengalaman dalam membangun radar dan sistem komunikasi data yang dapat diterapkan pada FECABS sehingga pengiriman data saat di laut dapat diterima pusat kendali. Peneliti dan kedua BUMS bersama-sama dalam setiap proses desain yang dilakukan dan menentukan pilihan pada setiap bagian desain FECABS dengan mempertimbangkan masukan dari berbagai narasumber dalam bentuk hasil wawancara.

Desain FECABS disajikan dalam beberapa sub bab, terdapat sub bab desain *requirement* dan sub bab desain FECABS. Desain *requirement* berisi beberapa persyaratan umum menurut hukum internasional dan *operational requirement,* serta persyaratan khusus yang mengacu pada persyaratan secara teknis FECABS dalam menjalankan operasinya. Hal ini dilakukan agar memudahkan dalam proses desain FECABS dan

pengambilan keputusan dapat dilakukan lebih teliti. Dalam proses desain FECABS, dilakukan beberapa kali pengulangan atau iterasi desain FECABS sampai mencapai titik di mana desain FECABS sesuai dengan *requirement* yang telah ditetapkan.

4.2 Hasil Pengumpulan Data Desain Requirement FECABS

Desain *requirement* FECABS yang bersifat umum mengacu pada standar internasional yang sudah ada, termasuk kebutuhan material untuk pembangunan dan alat navigasi, serta sensor yang digunakan pada FECABS. Tahapan desain *requirement* FECABS dijabarkan sebagai berikut. Data didapatkan melalui berbagai teknik pengumpulan data mulai dari studi literatur, *Forum Group Discussion* (FGD), *Round Table Discussion* (RTD), dokumen, wawancara dan kuesioner. Berikut beberapa hasil FGD dan RTD dalam penelitian ini.

a. Dalam penelitian ini dilakukan dua kali FGD yang digabungkan dalam satu waktu pada hari Kamis, tanggal 11 Februari 2021, Pukul: 19.45 s.d 22.20 WIB yang dilakukan secara Virtual (*Zoom Meeting*). FGD diisi oleh 4 narasumber yaitu Laksamana Muda TNI (Purn) Dr. Surya Wiranto, S.H., M.H., (Dosen Pascasarjana UNHAN), Kolonel Laut (P) Dr. Rudy Sutanto, S.IP, M.M. (Dosen tetap Fakultas Teknologi Pertahanan UNHAN), Dr. Ir. Andrian Andaya Lestari, M.Sc., SMIEEE (Dosen Tetap Fakultas Teknologi Pertahanan Program Studi Teknologi Penginderaan UNHAN), Dr. Jupriyanto, S.T., M.T (Dosen Tetap Fakultas Teknologi Pertahanan dan Koordinator Tim Penelitian *Airdrone Detector System*, KEMENHUB - UNHAN). Dr. Suryo Wiranto dipilih karena memiliki pengalaman dalam aspek hukum di laut, Dr. Jupriyanto dipilih karena memiliki wawasan mengenai metode desain dalam rancang bangun, Dr. Andrian Andaya Lestari dipilih karena memiliki pengalaman dalam dunia *unmanned system,* dan Dr. Rudy Sutanto dipilih karena berpengalaman dalam aspek patroli keamanan laut sebagai

Koarmabar pada berbagai KRI. Hasil FGD tersebut menghasilkan beberapa masukan dalam desain *requirement* diantaranya Dr. Suryo Wiranto merekomendasikan bahwa FECABS ditempatkan pada beberapa *choke point* di Indonesia dengan memperhatikan kondisi cuaca tertentu saat di perairan lainnya. Dr. Jupriyanto merekomendasikan bahwa FECABS dapat didesain dengan menggunakan metode Dieter & Schimdt. Dr. Andrian Andaya Lestari merekomendasikan bahwa problematika *unmanned system* dapat berupa *vandalism* sehingga perlu pemilihan material dan struktur untuk suatu wahana *unmanned system* yang kuat dan tidak mudah dicuri seperti *ferrocement.* Dr. Rudy Sutanto menginformasikan bahwa belum adanya kesepakatan mengenai masalah perbatasan, dan berpotensi adanya konflik di perbatasan dalam rangka pengelolaan sumber daya alam hayati.

b. RTD dalam penelitian ini dilakukan dua kali untuk menambah data yang diperlukan peneliti dalam menyusun *design requirement.* RTD I dilakukan pada hari Senin, 28 Juni 2021, Pukul : 13.00 s.d 14.45 WIB secara daring (*zoom meeting*). RTD I diisi oleh dua narasumber yaitu Ir. Hengki Angkasawan (Direktur Kenavigasian Ditjen Perhubungan Laut) dan Laksma TNI Dato Rusman S.N., S.E., M.Si. (Komandan Guspurla Koarmada I). Ir Hengki Angkasawan dipilih karena beliau berpengalaman dalam pemanfaatan *buoy* dari sisi perhubungan. Sedangkan Laksma TNI Dato Rusman dipilih karena menjadi Komandan Gugus Tempur Laut Komando Armada I dan mengerti terkait keadaan patroli keamanan maritim di Indonesia saat ini. Berikut kesimpulan yang dihasilkan dari RTD I yaitu perlintasan antar negara dan wilayah terutama seperti di selat Malaka sering terjadi kecelakaan karena terbatasnya rambu-rambu yang ada juga karena wilayah yang luas dan ada gangguan vandalism terkait pelampung suar, rambu suar maupun menara suar. Sejalan dengan konsep *maritime surveilance system* yang sedang dikembangkan

nampaknya keberadaan buoy ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi agar pengawasan pelayaran bisa lebih efektif. Konsep *maritime surveilance system* ini harapannya ditambah dengan menggunakan *buoy-buoy* yang ada dapat men-*coverage* seluruh wilayah Indonesia yang sangat luas. Perhatikan standar ketentuan internasional menyangkut hal seperti *buoy* harus kuat agar tahan dari segala aspek gangguan, penempatannya penandaan agar jalur kapal bisa lewat melintas, serta sistem penjangkarannya agar tidak mudah putus apalagi di lautan yang dalam.

c. RTD II dilakukan pada hari Selasa, 29 Juni 2021, tepatnya pada pukul 13:00 s.d 14:45 WIB, dan dilaksanakan secara virtual melalui aplikasi *zoom meeting.* RTD II diisi oleh dua narasumber yaitu Prof Dr. Ir. Yuyu Wahyu (Ahli Radar di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI) dan Arie Afriansyah, S.H., LL.M., Ph.D. (Ahli Hukum di Universitas Indonesia). Dr. Yuyu dipilih karena mengerti secara detail tentang aplikasi radar dan pemanfaatan lainnya. RTD ini juga melihat sisi hukum dari Arie Afriansyah mengenai kondisi penegakkan hukum di laut saat ini. RTD II menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya perlu ditambah kembali penelitian terdahulu terkait *ferrocement* dan *smart buoy*. Terdapat novelty dari penelitian ini karena belum ditemukan jurnal dengan *buoy* yang dilengkapi radar. Perlu dipertimbangkan ombak dalam menempatkan radar pada *buoy* dan memerlukan stabilisator. Perlu juga diperhatikan sejauh mana capaian radar yang akan digunakan. Selain itu narasumber juga menyarankan penggunaan *radar low power* pada *buoy*. Narasumber lainnya juga menyarankan bahwa perlu dibedakan keamanan maritim dengan kedaulatan di wilayah NKRI. Penelitian ini perlu didukung karena dapat membantu pengawasan yang terlewat kapal dengan adanya kewajiban menjaga 3 jalur ALKI.

Terlebih lagi juga perlu diketahui lokasi mana yang akan dipasang *buoy* tersebut.

Peneliti juga melakukan wawancara dengan 22 responden dari berbagai aspek yaitu regulator, operator, pakar dan akademisi. Regulator dipilih dari Kementerian Pertahanan, Kementerian Perhubungan, dan beberapa regulator dari TNI AL juga dapat menjadi operator. Operator dipilih dari berbagai badan keamanan laut di Indonesia seperti Korpolairud, Kesatuan Penjaga Laut dan Pantai, Badan Keamanan Laut RI. Korpolairud dipilih karena sebagai satuan yang mendukung tugas kepolisian lewat air dan udara, pelaksana patroli, pengawalan penegakkan hukum di wilayah perairan dan juga pembinaan masyarakat pantai di daerah lingkungan Polres.

Kesatuan Penjaga Laut dan Pantai dipilih karena berpengalaman dalam menjaga laut Indonesia dari segala bentuk gangguan dan ancaman serta mencegah kerusakan lingkungan laut. Sedangkan Badan Keamanan Laut RI dipilih karena badan ini berperan besar dalam patroli keamanan dan keselamatan di perairan Indonesia dan wilayah yuridiksi Indonesia. Pakar juga dipilih dari beberapa perusahaan atau pelaku industri yang relevan dengan bidang penelitian. Akademisi dipilih dari beberapa perguruan tinggi seperti Universitas Pertahanan karena hubungannya sistem teknologi dengan bidang pertahanan dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) yang dikenal dalam pengembangan bidang perkapalan di Indonesia. Akademisi juga dipilih dari badan penelitian teknologi seperti Badan Penerapan Pengkajian Teknologi (BPPT) yang ahli dalam penerapan sensor bawah laut. BPPT juga melaksanakan tugas pemerintahan di bidang pengkajian dan penerapan teknologi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Daftar masing-masing responden dari berbagai aspek tersebut dipilih secara rinci disajikan pada Lampiran 1. Daftar Responden.

Selain studi literatur, FGD, RTD dan wawancara, peneliti juga melakukan observasi terhadap FECABS mulai dari tahap pembangunan

hingga tahap pengujian. Peneliti melakukan observasi di PT Wahana Indra Sentosa sejak tanggal 2 Februari 2021 terkait pembangunan FECABS. Sedangkan untuk pengujian dilakukan Galangan PT Wahana Indra Sentoda pada tanggal 31 Agustus 2021 untuk pengujian kelistrikan FECABS, pada tanggal 7 Desember 2021 untuk pengujian komunikasi FECABS. Pada pengumpulan data, peneliti sajikan dalam bentuk persyaratan umum dan persyaratan khusus.

4.2.1 Persyaratan Umum

Kapal laut secara garis besar memiliki persyaratan umum dalam mematuhi ketetapan IMO *(International Maritime Organization)* melalui *International Ship and Port Facility Security (ISPS) Code*. *ISPS Code* merupakan peraturan internasional yang telah diamandemen dari Konvensi *Safety Of Life At Sea (SOLAS)* 1974 untuk keamanan kapal dan fasilitas pelabuhan yang terdiri dari bagian A sebagai perintah dan bagian B sebagai anjuran. Sesuai ISPS Code, perusahaan pelayaran harus melakukan *Company Security Officer* (*CSO), Ship Security Assessment (SSA), Ship Security Plan (SSP),* dan *Training.* ISPS Code juga mengatur kelengkapan kapal dengan memenuhi berbagai persyaratan diantaranya *International Ship Security Certificate (ISSC), Automatic Identification System (AIS), Ship Security Alert System (SSAS),* dan *Declaration of Security (DOS).* Sementara itu, Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) yang mengatur klasifikasi kapal di Indonesia menjelaskan bahwa FECABS dengan bentuk berupa *buoy* tidak termasuk dalam jenis kapal karena masuk ke dalam klasifikasi lain apalagi memiliki berat di bawah 6 ton, namun dikategorikan dalam jenis *single mooring point*. Dengan kategori tersebut akan mempermudah dalam surat perizinan, penilaian, pengujian dan sebagainya, sehingga BKI akan melakukan pengujian desain FECABS seperti kapal karena terdapat berbagai sensor kapal yang terpasang dan juga desain konstruksinya. Dengan demikian, untuk persyaratan umum secara internasional tidak perlu dipenuhi oleh FECABS karena tidak tergolong dalam jenis kapal.

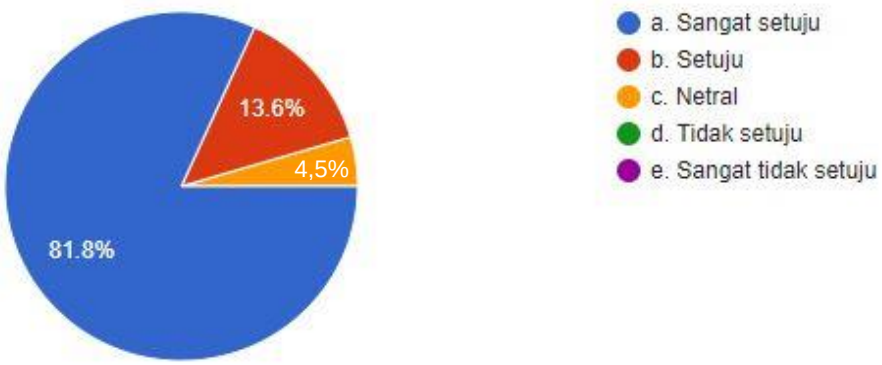
Kondisi struktur FECABS memiliki diameter tidak lebih dari 4 meter. Ukuran tersebut dibuat karena proses pembangunan FECABS dilakukan di *workshop* yang berlokasi di tengah kota bukan di galangan. Mengingat proses transportasi dari *workshop* ke galangan melewati jalan raya, maka ukuran diameter 4 meter masih dalam batas perjalanan. FECABS mampu stabil dan *buoyancy* secara maksimal dengan diameter 4 m.

Secara umum kondisi ALKI di Indonesia bermacam-macam, karena ALKI I, ALKI II, dan ALKI III memiliki karakteristik masing-masing. ALKI I adalah wilayah perairan Indonesia dengan pelayaran kapal-kapal yang mengangkut sekitar 45% logistik dan perdagangan dunia (Nainggolan, 2015). Kawasan perairan ini rawan dari implikasi konflik dengan berbagai bentuk kejahatan transnasional, seperti terorisme, intervensi asing, pencurian dan pembajakan kapal, *illegal fishing,* dan lain-lain dan jelas merugikan negara. Pernyataan tersebut juga didukung hasil wawancara dengan para narasumber dari TNI AL, Bakamla, Polairud, KPLP dan Kemhan bahwa negara yang luas seperti Indonesia, dengan banyaknya pulau-pulau dan pantainya yang panjang serta banyaknya selat akan menjadi titik rawan masuknya berbagai ancaman di laut, baik dari atas permukaan atau dari bawah laut. Pernyataan ini diperoleh persentase nilai dari tingkat kesetujuan dari para narasumber di bawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber bila dikatakan negara yang luas seperti Indonesia, dengan banyaknya pulau-pulau dan pantainya yang panjang juga selatnya yang banyak akan menjadi titik rawan masuknya berbagai ancaman di laut, baik dari atas permukaan atau dari bawah laut.

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	18	81,8%
Setuju	3	13,6%
Netral	1	4,5%
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.1 Persentase *score* pernyataan terkait Indonesia menjadi titik rawan masuknya berbagai ancaman di laut, baik dari atas permukaan atau dari bawah laut

Sumber: diolah oleh peneliti

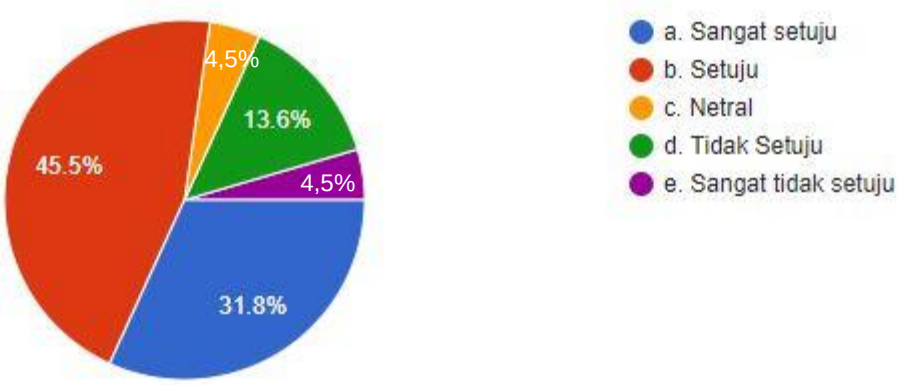
Dalam gambar di atas, persentase untuk tingkat kesetujuan dari para narasumber sudah mencapai nilai 95%. Hal ini menunjukkan mayoritas narasumber sepakat bahwa Indonesia menjadi titik rawan masuknya ancaman baik yang ada di atas permukaan laut dan di bawah permukaan laut. Dari beberapa narasumber masih terdapat yang bersikap netral atas pernyataan tersebut.

Sementara itu, kondisi ALKI II dan III merupakan wilayah perairan yang banyak dijumpai kapal-kapal negara asing yang tidak lepas dengan munculnya ancaman keamanan seperti kegiatan lintas batas para pelaku terorisme global, intervensi asing, dan *illegal fishing*. Dengan adanya ancaman tersebut perlu diantisipasi dengan kapal perang dan patroli untuk menjaga keamanan laut, tetapi dengan biaya yang tinggi. Pernyataan tersebut didukung dari hasil wawancara para narasumber yang setuju menjaga keamanan laut menggunakan kapal perang dan patroli membutuhkan biaya tinggi. Peneliti juga menyajikan persentase terkait pernyataan tersebut dari para narasumber di bawah ini.

Tabel 4.2 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber bahwa Kapal Perang dan Patroli untuk menjaga keamanan laut dalam mengantisipasi ancaman adalah suatu keniscayaan, tetapi dengan biaya yang tinggi

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	7	31,8%
Setuju	10	45,5%
Netral	1	4,5%
Tidak Setuju	3	13,6%
Sangat Tidak Setuju	1	4,5%
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.2 Persentase *score* pernyataan terkait kapal perang dan patroli untuk menjaga keamanan laut dengan biaya yang tinggi

Sumber: diolah oleh peneliti

Sesuai gambar di atas, persentase untuk tingkat kesetujuan dari para narasumber sudah mencapai nilai 76%. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas narasumber sepakat terdapat ancaman yang ada di laut perlu diantisipasi dengan kapal perang dan patroli dengan biaya yang tinggi. Dari beberapa narasumber masih terdapat yang bersikap netral dan tidak setuju atas pernyataan tersebut. Biaya yang dikeluarkan untuk FECABS jauh lebih terjangkau dibandingkan kapal perang, sehingga FECABS dapat menjadi alternatif dalam antisipasi ancaman yang ada di laut.

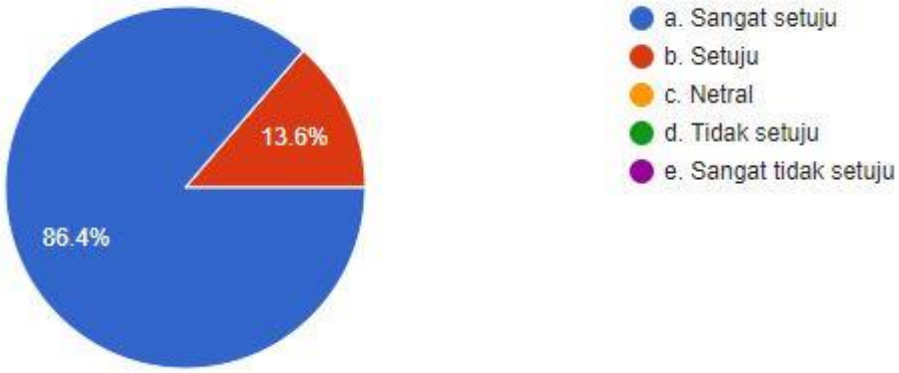
Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan peneliti terhadap semua narasumber baik dari bidang regulator, operator, pakar dan praktisi

yang terdapat di instansi TNI AL, Bakamla, Polairud, KPLP dan Kemhan setuju menyatakan bahwa penentuan ALKI memberikan konsekuensi pada pengendalian atau pengontrolan untuk keamanan dan keselamatan bagi para penggunanya, baik bangsa Indonesia maupun bangsa lain. Pernyataan tersebut menegaskan bahwa kebutuhan FECABS dalam melakukan pengendalian keamanan sangat penting untuk dilakukan di Indonesia. Peneliti juga menyajikan persentase *score* dari hasil wawancara terkait pernyataan tersebut ke dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.3 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber bahwa penentuan ALKI memberikan konsekuensi pada pengendalian atau pengontrolan untuk keamanan dan keselamatan bagi para penggunanya, baik bangsa Indonesia maupun bangsa lain

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	19	86,4%
Setuju	3	13,6%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.3 Presentase *score* terkait pernyataan penentuan ALKI memberikan konsekuensi pada pengendalian atau pengontrolan keamanan

Sumber: diolah oleh peneliti

Sesuai gambar di atas, persentase untuk tingkat kesetujuan dari para narasumber sudah mencapai nilai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa semua narasumber sepakat penentuan ALKI memberikan konsekuensi pada pengendalian atau pengontrolan untuk keamanan dan keselamatan bagi para penggunanya. Oleh karena itu, peneliti merancang FECABS sebagai pengontrolan dalam menghadapi ancaman di laut dan menjadi dasar untuk dapat diterapkan di ALKI contohnya ditempatkan di *choke point*.

Pemanfaatan FECABS akan sangat berguna dan *cost effective* untuk mengawasi dan memantau perkembangan situasi perairan Indonesia khususnya untuk dipasang di sepanjang ALKI. FECABS juga perlu didaftarkan ketentuan hukum terkait hukum maritim internasional sebagai alat atau fasilitas navigasi dan pemantauan perairan, agar tidak mengganggu kondisi navigasi ALKI, bahkan digunakan sebagai alat bantu navigasi dan alat pemantauan laut. Selain itu, untuk pemantauan keamanan juga dapat digunakan untuk kepentingan pertahanan dalam menjaga kedaulatan perairan NKRI. Asisten Perencanaan dan Anggaran Kepala Staf Angkatan Laut (Asrena Kasal) Laksamana Madya TNI Muhammad Ali menyatakan perlunya kerja sama dan koordinasi dengan instansi terkait (seperti TNI AL, Kementerian Perhubungan, Pertahanan, dll). *Standar Operation Prosedure* (SOP) juga dapat dikoordinasikan dengan Kementerian Lembaga (KL) terkait. Senada dengan Asrena Kasal, Direktur Teknologi dan Industri Pertahanan Kementerian Pertahanan (Dirtekindhan Kemhan) Laksamana Muda TNI Sriyanto menjelaskan bahwa FECABS akan sangat membantu pertahanan pantai dan ALKI (*choke point*) karena nanti di setiap pintu masuk dapat dipasang rudal, peluru kendali ke permukaan, seperti Rudal Brahmos. Data visual dapat menjadi suplemen data dari pertahanan pantai yang manfaatnya sangat besar sekali.

Ancaman yang dapat terjadi di wilayah perairan ALKI berlangsung secara tradisional maupun non tradisional. Menurut PBB, ancaman yang dapat terjadi di laut di antaranya pembajakan dan perompakan di laut,

kegiatan terorisme yang melibatkan aktivitas kapal di laut, perdagangan senjata ilegal melalui laut, penyelundupan dan perdagangan manusia, perdagangan narkotika secara ilegal, penangkapan ikan secara ilegal, aktivitas yang merusak dan mencemari lingkungan di laut. Namun selain itu juga terdapat ancaman lainnya yang dapat berpotensi di wilayah ALKI seperti ranjau bekas PD II, kabel fiber bawah air, pelabuhan terapung, aktivitas kapal selam nuklir milik negara asing dan pencurian sumber daya alam. Dengan demikian, secara lebih jelas masing-masing ancaman yang dapat terjadi di ALKI dijabarkan sebagai berikut.

a) Pembajakan dan perompakan di laut

Pembajakan dan perampokan di laut, merupakan dua hal berbeda yang sering dianggap sama oleh masyarakat umum. Pembajakan laut *(piracy)* berbeda dengan perampokan laut *(sea robbery),* dalam hal wilayah yuridiksi tempat terjadinya tindak kekerasan di laut tersebut. Pembajakan laut memiliki dimensi internasional karena umumnya digunakan untuk menyebutkan tindak kekerasan yang dilakukan di laut lepas. Sedangkan perompakan di laut lebih cenderung dimensi nasional karena tindak kekerasan di laut yang dilakukan di bawah yurisdiksi suatu negara, dengan tujuan yang berbeda meskipun juga dapat mencakup wilayah transnasional. Pembajakan dan perompakan merupakan bagian dari dinamika kehidupan di laut yang perlu mendapat penanganan yang serius, terutama di negara kepulauan seperti Indonesia.

Perompakan di laut biasanya menggunakan sarana *speed boat*, kapal ikan dengan perlengkapan senjata api, golok, masker dan tali berkait untuk naik ke kapal. Kapal sasaran pada umumnya adalah kapal dagang, kapal tanker dan kapal ikan, sehingga perompakan biasanya memakan korban mulai dari terbunuhnya awak kapal, luka-luka serta kerugian seperti uang, peralatan kapal, suku cadang dan ikan hasil tangkapan. Perompakan ini biasanya dilakukan pada malam hari dengan modus operasi menempelkan *speed boat* ke kapal yang menjadi sasarannya, kemudian menaiki kapal dengan menggunakan tali dan menjarah barang di kapal.

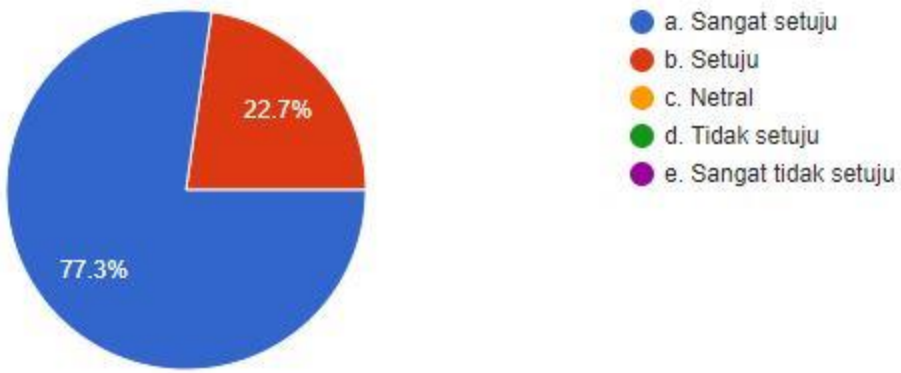
Sedangkan modus operasi pembajakan yang digunakan biasanya dengan mengganti seluruh awak kapal baru yang dikontrak, merubah warna kapal dan mengganti nama kapal dengan dokumen palsu. Dengan demikian, ancaman ini memerlukan *monitoring* dari suatu kapal terhadap kapal-kapal yang mencurigakan. Terlebih dalam wilayah perairan ALKI, kapal-kapal yang normal akan melalui jalur sesuai jalurnya. Ancaman ini akan secara mudah melanggar wilayah ALKI.

Sesuai dengan hasil wawancara yang telah dilakukan oleh peneliti, bahwa kedaulatan negara di laut secara hukum diartikan memiliki wewenang untuk melakukan penuntutan atas pelanggaran-pelanggaran terhadap ketentuan perundangan-undangan umum negara baik di bidang pidana maupun perdata. Hal ini menjadi suatu keharusan untuk melakukan penuntutan dalam menegakkan kedaulatan negara di laut dengan beberapa cara, salah satunya dengan menggunakan sistem teknologi FECABS. Pernyataan tersebut disetujui oleh semua narasumber dengan ditunjukkan oleh tabel dan grafik yang peneliti sajikan di bawah ini.

Tabel 4.4 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai kedaulatan negara di laut secara hukum yang diartikan memiliki wewenang untuk melakukan penuntutan atas pelanggaran-pelanggaran terhadap ketentuan-ketentuan perundang-undangan umum negara baik di bidang pidana maupun perdata

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	17	77,3%
Setuju	5	22,7%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.4 Persentase *score* terkait pernyataan kedaulatan negara di laut secara hukum

Sumber: diolah oleh peneliti

Sesuai gambar di atas, persentase untuk tingkat kesetujuan dari para narasumber mencapai nilai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa semua narasumber sepakat penegakkan hukum di laut dapat dilakukan melalui mekanisme yang tersedia. Dalam rangka penegakkan hukum tersebut, FECABS melakukan fungsinya sebagai alat untuk menciptakan bahan bukti saat terjadi pelanggaran kedaulatan negara di lautan Indonesia.

b) Terorisme di laut

Terorisme pada dasarnya bertujuan menghancurkan objek yang menjadi tujuan tersebut. Tujuan terorisme bukanlah untuk memperoleh suatu kebendaan, tetapi untuk mencapai suatu tujuan yang pada dasarnya bersifat politik. Wilayah perairan di Indonesia menjadi potensi ancaman karena letaknya di persimpangan lintas laut antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia yang sangat penting dalam komunikasi dan gerakan armada laut AS dari Pasifik menuju Timur Tengah. Selain itu, wilayah perairan Indonesia merupakan jalur ekonomi laut terpenting bagi negara-negara seperti China, Jepang dan Australia. Besarnya lalu lintas perkapalan seperti kapal dagang, kapal tanker dan kapal perang negara barat yang

melewati Indonesia memberi prospek yang cukup penting bagi teroris melakukan kegiatan di laut Indonesia.

Struktur geografis ini sangat membuka peluang bagi terjadinya kejahatan terorisme di Indonesia. Dua pertiga dari wilayah Indonesia adalah laut dengan pantai yang sangat panjang, namun penjagaan *(monitoring, surveillance, and control)* masih belum memadai. Wilayah perairan Indonesia juga sangat intensif dilalui oleh pelayaran internasional terlebih sangat sempit serta berbelok-belok dan dangkal, misalnya seperti di Selat Malaka dan Selat Singapura. Di samping itu, di sepanjang pantai Indonesia terdapat banyak pelabuhan internasional yang disinggahi oleh kapal-kapal dan hal ini menjadi potensi terorisme baik terhadap instalasi dan prasarana pelabuhan maupun kapal-kapal bermuatan yang sedang berlayar di perairan Indonesia.

Melalui UNCLOS 1982 memberi kemungkinan kepada Indonesia untuk menetapkan ALKI melalui bagian tertentu, di mana kapal-kapal dapat melintasi perairan Indonesia. ALKI menjadi potensi besar untuk munculnya terorisme maritim. Hal ini menuntut pentingnya perhatian Indonesia dalam meningkatkan kemampuan penanganan dan penanggulangan terorisme maritim. Apalagi jika dilihat kemampuan kemananan di daerah *choke point* saat ini belum memadai. Walaupun saat ini di ALKI I sudah banyak kapal patroli yang ditugaskan di sana, namun untuk ALKI II dan ALKI III masih timpang. Jupriyanto menjelaskan, diperlukan alat khusus untuk memonitoring kondisi ALKI II dan III dari ancaman terorisme yang dapat saja terjadi dalam waktu 24 jam, sehingga sistem teknologi untuk deteksi dini statik dengan kemampuan operasional 24 jam sangat diperlukan sebagai peluang untuk me*mast*ikan pengumpulan data-data obyek terbang, terapung, dan menyelam. Alat itu dapat digunakan sebagai input keperluan penjagaan dan pengamanan wilayah laut NKRI. Hal ini juga bisa dilakukan dengan membuat pos-pos apung yang siap menjadi *virtual gate* dari rute lalu lintas kapal.

c) Perdagangan senjata illegal

Ancaman perdagangan senjata ilegal muncul sebagai masalah serius tidak hanya di kalangan negara, tetapi juga berpengaruh terhadap peningkatan angka kejahatan dan situasi yang cenderung tidak stabil. Sejak tahun 1990-an, perdagangan senjata ilegal tersedia dengan mudah dan sangat murah di pasar dunia. Di kawasan Asia, negara penyedia senjata ilegal dengan harga murah yaitu Kamboja, Myanmar dan Filipina. Selanjutnya operasi pengangkutan senjata ilegal biasanya menggunakan jalur perairan sekitar Thailand, Filipina, Malaysia dan Indonesia. Peningkatan perdagangan senjata ilegal telah melibatkan individu, kelompok sub nasional, aktor non negara yang berperan sebagai pengguna senjata illegal (Rachmanto, 2009).

Di Indonesia, perdagangan senjata ilegal juga menjadi ancaman terhadap integritas teritorial, karena senjata api banyak digunakan oleh gerakan separatis dan kelompok kejahatan bersenjata maupun perilaku kriminal lainnya. Perdagangan dan penyelundupan senjata api ilegal juga telah mengganggu keamanan dan stabilitas nasional. Melihat berbagai peristiwa perdagangan senjata ilegal di Indonesia, maka perlu penanganan terutama di jalur-jalur utama pada lalu lintas kapal asing seperti ALKI. Hal ini mengingat negara Indonesia memiliki daerah laut yang begitu luas dan transfer perdagangan di dunia dilakukan melalui jalur laut. Namun sistem keamanan laut yang dimiliki Indonesia masih tergolong lemah, untuk itu perlu sistem yang dapat memantau pergerakan kapal-kapal asing yang mencurigakan serta dapat diketahui identitas kapal dan dapat dilaporkan kepada aparat keamanan yang ada.

d) Perdagangan manusia

Perdagangan manusia (*human trafficking*) merupakan kejahatan yang sangat marak dan mengalami pertumbuhan paling cepat di dunia. Perdagangan manusia masuk dalam lima kejahatan terbesar di dunia yang harus diatasi karena efeknya akan berpengaruh pada aspek ekonomi, politik, budaya dan kemanusiaan (Ali, 2011). Untuk melancarkan aksinya,

para pelaku menggunakan beberapa cara, ada yang diculik dan kemudian dijual ke tempat-tempat pelacuran di luar negaranya dan ada pula yang dijual oleh keluarganya sendiri yang percaya bahwa anak-anak mereka akan dipekerjakan sebagai pembantu rumah tangga. Selain itu, biasanya pelaku memakai modus kawin kontrak dengan orang asing. Modus yang terakhir biasanya korban ditipu untuk dipekerjakan di tempat tertentu yang layak tapi kemudian dijual ke tempat lain yang tidak layak.

Seiring berkembangnya teknologi dan transportasi antar negara, memungkinkan semakin meningkatnya perdagangan orang yang melintasi batas negara. Kasus-kasus yang timbul mungkin akan sulit diselesaikan. Sejarah mencatat bahwa sejak tahun 2012, Indonesia menjadi negara asal sebagai korban utama perdagangan manusia di dunia. Perairan teritorial Indonesia dan ALKI juga rentan menjadi rute perdagangan manusia. Perdagangan manusia menjadi masalah terbesar di ALKI seperti misalnya di Selat Malaka. Pada tahun 2012, Indonesia menjadi zona utama untuk perdagangan manusia yang kerap menuju Australia (United Nations Office, 2021). Dengan adanya kasus perdagangan manusia pada wilayah ALKI, maka menjadi ancaman serius pada kedaulatan, keutuhan wilayah, keberlangsungan politik, sosial, ekonomi dan budaya, oleh karena itu perlu upaya penanggulangan perdagangan manusia. Namun upaya itu masih banyak hambatan seperti kelangkaan informasi tentang ruang lingkup, jenis perdagangan manusia dan modus perdagangan manusia (Yunda, 2020). Dengan demikian, perlu adanya upaya pengumpulan informasi yang akurat dan pemantauan zona ALKI untuk mendapatkan data rute perdagangan manusia.

e) Perdagangan narkotika

Perdagangan narkotika melalui jalur laut merupakan salah satu ancaman yang perlu diperhatikan. Berdasarkan data dari Badan Narkotika Nasional (BNN) yang menyebutkan 90% peredaran narkotika di Indonesia dilakukan melalui jalur laut, maka hal itu sebagai salah satu ancaman yang

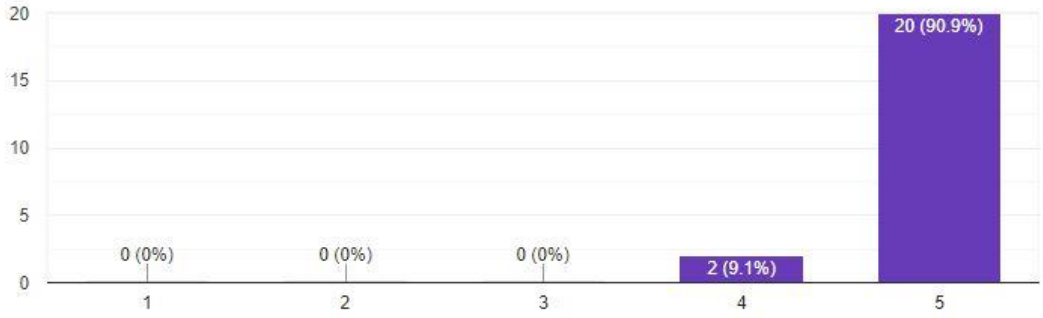
cukup besar bagi keamanan maritim Indonesia. Perdagangan narkotika melalui jalur laut dapat masuk melalui jalur resmi (jalur untuk kapal ekspor dan impor) atau jalur tidak resmi seperti pelabuhan dan pulau terpencil yang kurang pengawasan. Narkotika biasanya berasal dari wilayah Asia yang masuk melalui perairan di timur Sumatra yang berbatasan dengan Malaysia dan melalui Kalimantan. Tiga jalur utama menurut BNN adalah Aceh, Dumai dan Tarakan (Hakiki, 2019). Meskipun demikian, tidak menutup kemungkinan melalui jalur lain juga bisa saja terjadi. Masalah ini pun semakin bertambah dengan kondisi BNN yang tidak memiliki kapal atau pesawat untuk melakukan patroli.

Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN bahwa pemantauan berkelanjutan untuk melindungi wilayah maritim dari kegiatan pelanggaran seperti perdagangan narkoba, penyelundupan manusia, penyelundupan senjata, penangkapan ikan secara ilegal, penebangan liar, terorisme, bahkan penculikan juga polusi merupakan hal yang sangat penting. Dari berbagai narasumber yang sudah dilakukan wawancara juga diperoleh persentase *score* terkait pernyataan tersebut di bawah ini.

Tabel 4.5 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai narasumber pentingnya pemantauan berkelanjutan untuk melindungi wilayah maritim dari kegiatan pelanggaran seperti perdagangan narkoba, penyelundupan manusia, penyelundupan senjata, penangkapan ikan secara ilegal, penebangan liar, terorisme, bahkan penculikan juga polusi

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
5	20	90,9%
4	2	9,1%
3	-	-
2	-	-
1	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.5 Persentase *score* pernyataan terkait pemantauan berkelanjutan untuk melindungi wilayah maritim dari kegiatan pelanggaran

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar di atas menunjukkan bahwa hampir semua narasumber setuju dengan pemantauan berkelanjutan untuk melindungi wilayah maritim dari kegiatan pelanggaran. Hal ini ditunjukkan dengan perolehan persentase sebesar 90,9%. Pemantauan berkelanjutan ini menjadi dasar rancangan FECABS bahwa dalam melakukan pemantauan dapat bertahan secara kontinu terhadap ancaman di laut. Maka dari itu, FECABS juga memiliki kebutuhan untuk sumber energi yang berkelanjutan seperti tenaga surya, angin dan sebagainya.

Perairan di ketiga wilayah ALKI memang menjadi fokus dalam patroli di Indonesia, namun kondisi saat ini kapal-kapal yang tersedia belum memenuhi di ketiga ALKI tersebut. Hanya ALKI I yang cenderung banyak patroli dari TNI AL dan instansi lainnya. Maka untuk mengisi kekosongan penjagaan tersebut, perlu adanya sistem pengawasan mandiri yang tidak tergantung kapal patroli karena membutuhkan biaya yang sangat mahal. Terlebih jalur perdagangan narkotika dapat melalui jalur yang sempit. Untuk itu, diperlukan alat khusus yang dapat memantau jalur lalu lintas pada ALKI II dan ALKI III yang dapat mencatat kapal yang mencurigakan. Jika alat itu tersebar dalam wilayah ALKI yang luas maka akan menjadi *virtual gate* bagi kapal-kapal yang lalu lalang dan akan mencatat informasi terkait kapal tersebut. Petugas dapat menghampiri kapal tersebut dan melakukan tindakan lanjutan jika kedapatan melakukan pelanggaran.

f) Pencurian sumber daya alam

Indonesia menjadi salah satu negara yang memiliki sumber daya alam melimpah. Terlebih dalam sumber daya perikanannya sangat besar di dunia. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), sumber perikanan laut Indonesia dapat mencapai 6.167.940 ton per tahunnya dengan jumlah tangkapan yang diperbolehkan di laut teritorial 5 juta ton per tahunnya, dan di Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) 1,9 juta ton per tahun (Dewan Kelautan Indonesia, 2006). Sayangnya dengan kekayaan ikan yang melimpah itu, Indonesia belum bisa memanfaatkan secara optimal karena banyaknya praktik penangkapan ikan secara ilegal yang dilakukan oleh nelayan-nelayan asing di perairan Indonesia. Rudy Sutanto menjelaskan bahwa belum disepakati masalah perbatasan sehingga berpotensi adanya konflik di perbatasan dalam rangka pengelolaan sumber daya alam hayati. Kawasan sekitar ALKI menjadi tempat favorit para nelayan asing dalam melaksanakan pencuriannya. Baik ketiga wilayah perairan ALKI I, ALKI II, dan ALKI III menjadi titik rawan penangkapan ikan secara ilegal. Hal ini menjadi ancaman nyata terkait pencurian ikan yang marak terjadi di Laut Arafuru, Laut Natuna, sebelah utara Sulawesi Utara (Samudra Pasifik), Selat Makassar, dan barat Sumatera (Samudra Hindia) (Arfianto, 2021).

Penangkapan ikan ilegal sulit diselesaikan karena beberapa penyebab. Salah satunya terdapat celah pada hukum yang ada sehingga memberikan peluang bagi pelakunya untuk memasuki wilayah perairan Indonesia tanpa gangguan. Penyebab lainnya kurang tegasnya penanganan pelaku *illegal fishing* yang dihukum secara ringan. Kurangnya koordinasi antar instansi yang terkait juga menjadi masalah dalam pemberantasan *illegal fishing* di Indonesia. Namun peneliti menilai penyebab utamanya ialah kurangnya sarana dan prasarana yang dimiliki dalam penanganan *illegal fishing*. Hingga tahun 2021, Indonesia hanya memiliki kapal pengawas sejumlah 30 unit. Dengan luas wilayah laut yang besar seharusnya Indonesia harus memiliki setidaknya 100 unit kapal untuk

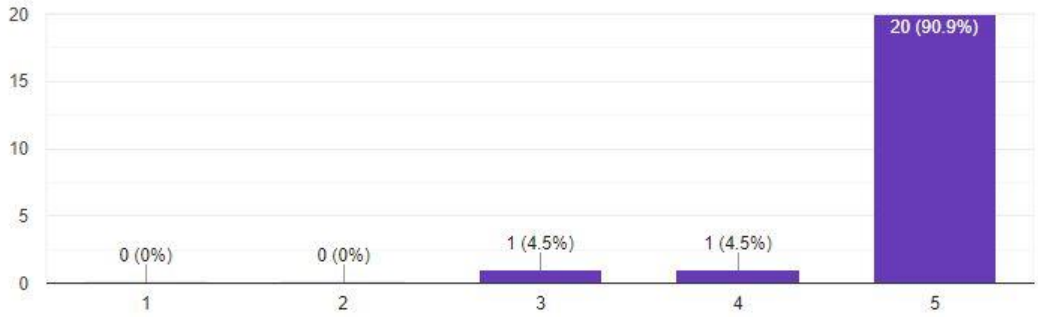
mengawasi perairan Indonesia. Hal ini yang menjadi beban dalam proses pembuatan kapal dan sebagainya. Untuk itu perlu sistem yang lebih efisien dan terjangkau dalam mengawasi perairan Indonesia terkhusus wilayah ALKI. Sistem teknologi yang dapat mengawasi perairan Indonesia siang malam dan dapat merekam informasi data posisi letak kapal yang mencurigakan sangat diperlukan sehingga penindakan akan jauh lebih mudah dijalankan. Hal tersebut akan meminimalisir terjadinya *illegal fishing* di Indonesia.

Berdasarkan wawancara yang telah peneliti lakukan terhadap berbagai sumber dari bidang regulator, operator, pakar dan praktisi di TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN setuju dengan pernyataan bahwa Indonesia memiliki potensi kekayaan sumber daya kelautan yang besar. Hal ini menunjukkan sangat pentingnya dalam menjaga keamanan laut yang dilakukan terus menerus dengan melihat manfaat laut yang luar biasa bagi kehidupan manusia. Melalui persentase hasil wawancara juga menunjukkan *score* yang besar untuk tingkat kepentingannya. Peneliti sajikan dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.6 Jumlah dan Presentase Pendapat Narasumber mengenai pentingnya menjaga keamanan laut yang dilakukan terus menerus melihat manfaat laut yang luar biasa bagi kehidupan manusia.

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
5	20	90,1%
4	1	4,5%
3	1	4,5%
2	-	-
1	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.6 Persentase *score* untuk pernyataan terkait pentingnya dalam menjaga keamanan laut yang dilakukan terus menerus melihat manfaat laut yang luar biasa bagi kehidupan manusia

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar di atas menunjukkan bahwa mayoritas narasumber dari hasil wawancara setuju dengan Indonesia yang memiliki kekayaan laut melimpah sangat perlu untuk dijaga. Perolehan *score* tersebut sudah mencapai di atas 90%. Hal ini menjadi dasar pertimbangan FECABS sebagai wahana yang berperan dalam menjaga keamanan laut di Indonesia dan harus dilakukan secara terus menerus.

g) Pencemaran lingkungan di laut

Ancaman pencemaran lingkungan di laut merupakan hal yang biasa dilupakan orang hingga bertahun-tahun lamanya. Bertahun-tahun orang tidak peduli dengan pencemaran laut karena volume air laut yang besar dan kemampuannya dalam mengencerkan segala jenis zat asing sehingga hampir tak menimbulkan dampak sama sekali. Namun pandangan tersebut mulai berangsur berubah setelah dampaknya banyak dirasakan. Jika pembuangan limbah ke laut secara terus menerus dilakukan, maka akan terjadi dampak global dari pencemaran laut di bidang ekonomi, politik dan sosial budaya. Pencemaran lingkungan di laut juga dapat berupa plastik yang tidak terurai. Pencemaran laut lainnya yang sering terjadi akibat pembuangan limbah dari pabrik yang dibuang ke sungai dan mengalir ke laut (Santosa, 2013). Pencemaran air laut diatur secara hukum karena laut

merupakan milik umum yang penguasaannya dimandatkan kepada Pemerintah.

Pemerintah perlu tindakan tegas dalam mengatasi ancaman pencemaran lingkungan di laut. Limbah yang berasal dari industri harus ditangani dengan baik dan serius oleh Pemerintah melalui pengawasan dan penindakan. Biasanya proses pembuangan limbah dilakukan di jalur lalu lintas kapal baik oleh kapal lokal maupun asing seperti di ALKI. Pentingnya pengawasan pengolahan limbah buangan yang dibuang ke laut memerlukan suatu sistem yang dapat mengawasi serta mendapatkan informasi dari kapal yang berpotensi membuang limbah di laut. Sistem canggih ini layaknya CCTV di laut yang dapat merekam setiap titik rawan pembuangan limbah. Tentu wilayah ALKI menjadi tempat pemasangan alat tersebut sehingga tidak perlu lagi kapal-kapal patroli yang memerlukan biaya yang mahal dalam pengoperasiannya melakukan pengecekan terhadap seluruh kapal yang melintas.

h) Ranjau bekas PD II

Ranjau dan bom merupakan benda berbahaya yang dapat menyebabkan seorang meninggal atau luka berat. Meskipun dunia saat ini relatif aman, namun teknologi pendeteksi bom dan ranjau masih terus ditingkatkan terutama untuk membantu TNI AL. TNI AL sendiri memiliki Satuan Ranjau yang berfungsi mendeteksi sekaligus membersihkan ranjau di laut (Mardiyanto et al, 2017). Hingga saat ini banyak berita meledaknya sebuah ranjau di daerah rawan konflik. Hal ini terjadi akibat peperangan, namun terorisme sering sekali juga menjadi penyebab terjadinya meledaknya ranjau tersebut. Secara teknis, biasanya penghancuran ranjau sisa perang dunia dilakukan dengan bom yang telah dirakit oleh personel TNI AL dari kesatuan Komando Pasukan Katak (Kopaska) dan dipasang di dasar laut. Sampai di titik peledakan, personel TNI AL tersebut melakukan penyelaman untuk memastikan posisi bom yang berada di dasar laut sudah sesuai sasaran yang ditentukan. Selanjutnya siap melakukan peledakan

dengan menyambung rangkaian bom laut tersebut dan diikuti tim perahu karet yang bertugas mengamankan area peledakan bom laut (Pitakasari, 2021). Hal tersebut bertujuan agar kapal-kapal nelayan dan niaga yang melintasi area seperti ALKI I, ALKI II, ALKI III merasa lebih aman dari ancaman terjadinya ledakan ranjau.

Ancaman ranjau bekas PD II merupakan ancaman yang nyata di perairan ALKI. ALKI menjadi potensi besar adanya penyusupan objek bawah air seperti ranjau laut, kapal selam musuh, dan kerangka kapal. Kurang optimalnya alutsista TNI AL untuk mengawasi wilayah perairan ALKI menambah tingginya potensi ancaman tersebut. Maka untuk menindaklanjuti ancaman tersebut, perlu suatu alat deteksi logam yang digunakan untuk mencari keberadaan ranjau laut dan benda berbahaya lainnya. Alat ini juga perlu dilengkapi perangkat tambahan seperti radar, dan suar. Selain itu, alat ini juga membutuhkan sonar sehingga dapat merekam informasi yang ada di bawah laut.

i) Kabel fiber bawah air

Penyelenggaraan telekomunikasi memiliki arti strategis dalam upaya memperkukuh persatuan dan kesatuan bangsa, memperlancar kegiatan pemerintah dan sebagainya. Dalam dunia telekomunikasi, penggunaan kabel fiber bawah laut merupakan sarana yang dominan digunakan untuk melakukan pengiriman data dari satu tempat ke tempat lainnya. Kabel fiber bawah air merupakan teknologi yang cukup signifikan dampak positifnya pada kehidupan manusia, sehingga telekomunikasi antar daerah suatu negara maritim atau antar negara di dunia menjadi lebih efektif karena dapat menampung muatan data yang besar dengan tingkat kecepatan pengiriman data yang tinggi. Jangkauannya pun jauh lebih luas dan memiliki nilai efisiensi yang cukup tinggi sehingga dapat menjadi infrastruktur telekomunikasi yang penting terutama untuk negara-negara yang wilayahnya didominasi oleh lautan seperti Indonesia.

Kabel fiber bawah laut sudah dilakukan penempatannya di seluruh ALKI I, ALKI II, ALKI III guna melayani kebutuhan telekomunikasi nasional dan internasional. Sistem kabel fiber bawah laut juga dapat menjadi ladang pencurian. Hal ini seperti beberapa kasus yang terjadi soal banyaknya sabotase kabel bawah air yang merugikan negara. Saat ini pengawasan bawah air masih dilakukan dengan operasi militer patroli keamanan dengan kapal permukaan anti kapal selam. Namun kenyataannya masih dirasa kurang dapat menjangkau luasnya wilayah perairan terkhusus wilayah ALKI. Kurang optimalnya pengawasan menjadi salah satu penyebab dari maraknya praktik tersebut. Maka sudah seharusnya penggunaan teknologi penginderaan bawah air yang dapat mengawasi kolom perairan dijalankan sehingga dapat meminimalisir ancaman berupa pelanggaran terhadap wilayah laut Indonesia. TNI AL memerlukan alat yang dapat merekam segala informasi di bawah laut, yang tentunya alat tersebut dilengkapi dengan sonar yang mampu menghasilkan gelombang suara yang dapat mendeteksi jarak objek yang berada di bawah perairan.

j) Pelabuhan

Pelabuhan memiliki ancaman tersendiri dari sekian ancaman yang hadir dari laut. Jika dalam pelabuhan memiliki sistem keamanan yang tidak maksimal maka akan menimbulkan kejadian-kejadian yang tidak diharapkan. Kejadian yang sering muncul biasanya tindakan kriminalitas seperti pencurian barang, pemerasan penumpang sampai adanya tindakan terorisme atau sabotase terhadap fasilitas publik yang sangat vital. Terdapat banyak ancaman yang dapat terjadi di pelabuhan seperti terorisme, kejahatan kriminal, pencurian kargo, pembajakan kendaraan kapal, pelanggaran bea cukai, pemerasan melalui organisasi kriminal di pelabuhan, perdagangan manusia, penumpang gelap, dan sebagainya. Hal ini terjadi karena pelabuhan menjadi incaran mengingat fungsinya sebagai penghubung antar transportasi darat dan jalur perdagangan maritim.

Dengan demikian, pelabuhan juga menjadi area yang rawan ancaman bagi Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar. Semua pergerakan kapal yang menuju pelabuhan harus sudah teridentifikasi dengan baik saat melalui ALKI sehingga diperlukan pemantauan yang serius terhadap kapal-kapal yang akan berlabuh di pelabuhan. Sebelum menuju pelabuhan, biasanya kapal-kapal melewati jalur laut seperti ALKI. Dengan adanya sistem pengawasan yang ketat maka didapatkan infomasi yang jelas mengenai kapal-kapal yang akan menuju pelabuhan. Alat tersebut perlu dipasang pada jalur ALKI agar semua kapal dapat direkam datanya dan menjadi perhatian apabila terjadi hal mencurigakan. Selain itu perlu komponen pelengkap seperti radar jarak jauh, kamera fokus, sonar untuk memantau bawah laut dan lainnya agar menambah daya tangkap informasi terhadap semua kapal.

k) Kapal selam nuklir asing

Keberadaan kapal selam nuklir asing menjadi ancaman yang harus diwaspadai di perairan Indonesia. Ancaman ini berada di bawah air, beberapa kekuatan militer seperti Amerika Serikat, China dan Rusia memiliki kapal selam nuklir yang mampu meluncurkan rudal hulu ledak nuklir melalui bawah air. Kapal selam ini merupakan alutsista strategis yang memiliki kelebihan menyimpan senjata mematikan seperti torpedo, rudal anti pesawat, rudal anti kapal permukaan, bahkan rudal balistik antar benua yang dapat diluncurkan secara diam-diam (Groll, 2021). Kapal selam sangat efektif digunakan dalam perang intelijen atau dalam menjalankan misi-misi rahasia karena pergerakannya di bawah air secara senyap tidak dapat diketahui keberadaannya sehingga dapat memata-matai aktivitas militer maupun pergerakan sumber daya lawannya.

Kapal selam asing yang masuk menyusup wilayah perairan Indonesia tergolong dalam pelanggaran atas kedaulatan negara. Pada tahun 2006 diketahui terdapat kapal selam asing yang masuk wilayah perairan Indonesia, tepatnya di Perairan Pulau Deli dan Pulan Tinjil,

Pandeglang Banten (Darmawan, 2018). Kemudian pada tahun 2016 kapal selam milik China diketahui tengah beroperasi di perairan Selat Malaka (Metro News, 2021). Saat ini pengawasan bawah air dilakukan dengan patroli laut dan udara, menggunakan kapal, helikopter dan pesawat tempur. Namun seiring pemantauan objek dengan mobilitas yang tinggi untuk wilayah ALKI yang luas sehingga *coverage area* yang dipantau tidak secara terus menerus dilakukan dan memiliki keterbatasan serta biaya operasional yang tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu alat yang dilengkapi peralatan radar, sonar dan AIS dan dapat memantau kapal asing baik permukaan laut dan bawah laut. Selain itu alat tersebut harus mampu beroperasi selama 24 jam dan memiliki sumber energi sendiri seperti panel surya dan tenaga angin. salah satu pakar *ferrocement* di Indonesia, Budi Suchaeri menjelaskan bahwa sumber energi bisa dihitung sesuai kebutuhan dari FECABS dan dihasilkan dari panel surya dan pembangkit kincir angin, tentunya pemasangan *battery* mencukupi untuk mem-*backup* listrik harian FECABS.

Peneliti dari PT.247 Oktanto Dedi Winarko juga menambahkan bahwa perlu manajemen daya yang dapat mengakomodir kebutuhan seluruh perangkat. *Power System Management* menghitung jumlah daya yang dibutuhkan seluruh perangkat yang terpasang, menyediakan kebutuhan daya pada perangkat secara kontinyu sehingga perangkat bekerja dengan optimal, menstabilkan dan menyimpan daya berlebih yang dihasilkan oleh generator sebagai tegangan *back up*. Perhitungan yang tepat antara daya yang dihasilkan oleh generator, daya yang digunakan dan daya yang disimpan menjadi *critical issue*. Misalnya tegangan yang dihasilkan solar panel. Terdapat waktu optimum dimana energi cahaya matahari dikonversi ke tegangan yaitu ketika intensitas cahaya matahari sedang tinggi-tingginya, tetapi pada saat pagi, sore dan malam hari tegangan yang dihasilkan oleh solar panel ini mendekati nol, begitu juga ketika mendung. Hal ini tentu saja harus diperhitungkan, tanpa *Power*

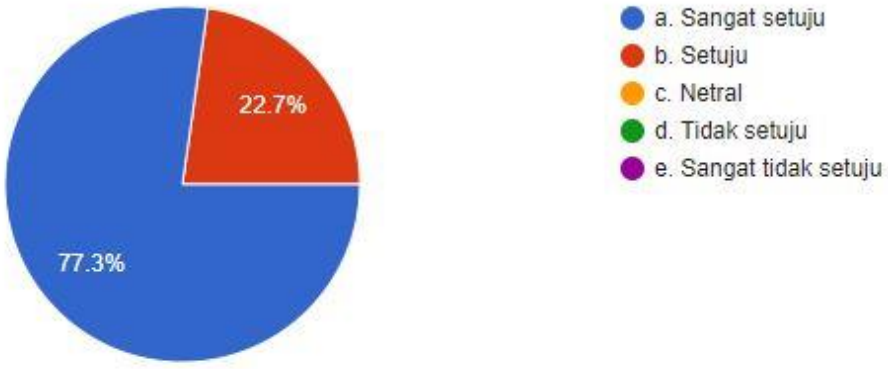
System Management yang baik, sistem akan bekerja kurang optimal dan jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan kerusakan pada FECABS.

Sehubungan dengan energi yang dibutuhkan FECABS, dari hasil wawancara, narasumber menyatakan bahwa energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, arus laut, gelombang adalah potensi yang besar di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi. Hal itu juga bisa digunakan sebagai sebuah wahana dalam melakukan pengamanan di laut. Pernyataan tersebut sangat disetujui oleh narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN. Hasil perolehan *score* penilaian yang peneliti sajikan ialah dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.7 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, arus laut, gelombang adalah potensi yang besar di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang murah dan bersih untuk berbagai wahana dalam melakukan pengamanan di laut

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	17	77,3%
Setuju	5	22,7%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.7 Persentase *score* pernyataan terkait energi terbarukan adalah potensi yang besar di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi wahana dalam melakukan pengamanan di laut

Sumber: diolah oleh peneliti

Berdasarkan gambar di atas, menunjukkan bahwa hasil wawancara dari mayoritas narasumber setuju dengan pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi dalam wahana yang melakukan pengamanan di laut. Perolehan *score* tersebut sudah mencapai 100 %. Hal ini menegaskan bahwa FECABS perlu memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber energi dalam menjalankan operasional pengamanan di laut. Energi terbarukan tersebut dapat digunakan FECABS, misalnya seperti tenaga surya, tenaga angin, tenaga arus laut dan sebagainya. Setyo Nugroho dari ITS menjelaskan bahwa peralatan yang terpasang harus mengkonsumsi energi serendah mungkin, agar FECABS dapat memanfaatkan energi terbarukan sepenuhnya (khususnya energi surya). Paur Tekkom Bagopsnal Korpolairud Rois Ali juga menambahkan bahwa pemanfaatan teknologi FECABS merupakan alternatif yang *visible* untuk pengamanan dilaut mengingat wilayah perairan Indonesia yang sangat luas, perlu dicatat perihal sistem sumber tenaga.

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alamnya. Mulai dari iklim dan kondisi bentuk muka bumi yang beragam memberikan keragaman sumber daya alam yang ada di Indonesia. Setiap wilayah memiliki kekayaan alamnya sendiri yang belum tentu dimiliki oleh wilayah

lain. Kekayaan sumber daya alam yang melimpah ini harus dapat dimanfaatkan oleh industri-industri di Indonesia. Khususnya untuk industri pertahanan yang berperan penting dalam sistem pertahanan negara, karena sebagai komponen utama pertahanan wajib mewujudkan kesiapan dan kebutuhan Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) TNI. Saat ini ada tiga industri pertahanan utama dalam membuat alutsista atau sebagai *lead integrator* yaitu PT Pindad, PT PAL, dan PT Dirgantara Indonesia. Seluruh industri pertahanan tentunya membutuhkan bahan-bahan produksi yang berkualitas. Indonesia yang kaya akan sumber daya alam semestinya menjadi sumber dari bahan produksi tersebut.

Industri pertahanan dalam negeri memiliki kemampuan dalam memproduksi alutsista dengan bahan baku dalam negeri. Berbagai alutsista telah dikembangkan dan berhasil diproduksi baik dari kapal, senjata api, pesawat terbang, kendaraan tempur dan sebagainya. Namun berbagai jenis tersebut membutuhkan biaya yang sangat mahal dalam hal pengadaan alutsista. Contohnya pengadaan kapal patroli, biaya yang dibutuhkan dalam pengadaan kapal patroli sangat besar yaitu Rp.54.850.000.000 untuk jenis Baja *Class* (KRI Sibarau), Rp. 19.212.500.000 untuk jenis Fiber *Class* (KRI Welang), Rp. 105.660.000.000 untuk jenis Aluminium *Class* (KRI Krait) (Didik et al, 2016). Melalui contoh tersebut dalam menjaga perairan Indonesia membutuhkan biaya yang besar dan biaya tersebut belum termasuk biaya operasional, biaya pemeliharaan dan biaya depresiasi. Untuk itu dalam menjaga perairan wilayah Indonesia seperti ALKI memerlukan alat yang terjangkau, tidak memerlukan banyak personel, dapat bertahan lama dan mampu menjaga ALKI dengan merekam data kapal-kapal yang melanggar jalur ALKI. Hal ini mungkin dapat diwujudkan dengan FECABS yang terbuat dari material *ferrocement*, memiliki sistem *autonomous* dan tahan lama hingga puluhan tahun ke depan. Namun semua itu dapat dijawab dengan industri yang ada di Indonesia.

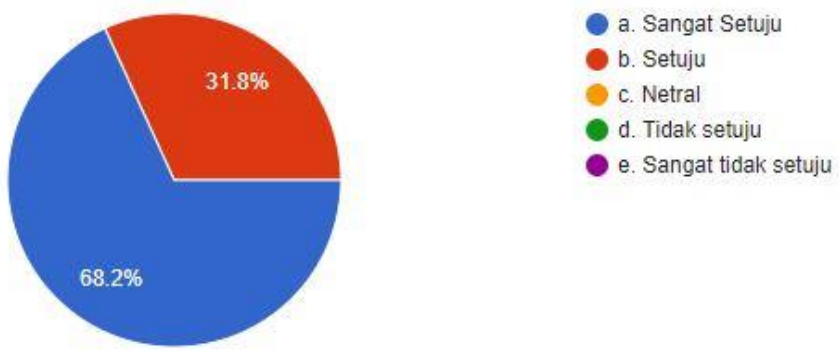
Pakar hidrodinamika dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Endang Widjiati menjelaskan bahwa perlu adanya dukungan dari industri yang dapat mendukung sistem FECABS. Industri yang dimaksud adalah industri yang mendukung peralatan yang akan dipasang pada sistem ini dan perlunya ada kemandirian teknologi pendukung yang dapat menyediakan peralatan sonar, peralatan sistem komunikasi, peralatan AIS dan sensor-sensor lainnya. Hal ini disebabkan pada penggunaan peralatan yang berasal dari luar negeri, maka proses dasar yang dijalankan pada sistem tersebut masih belum tentu dapat dikuasai oleh rakyat Indonesia. Jika Indonesia dapat membuat peralatan-peralatan pendukung ini sendiri, maka apapun *platform* yang digunakan akan sangat mudah disesuaikan.

Berdasarkan hasil wawancara yang diperoleh peneliti melalui narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN bahwa pemanfaatan potensi alam, SDM dan teknologi dalam negeri bisa mendapatkan kemandirian teknologi yang terjangkau dan tepat guna. Sebagai suatu sistem teknologi, FECABS juga dapat memanfaatkan potensi alam yang terjangkau dan tepat guna. Terkait pernyataan tersebut, peneliti sajikan penilaian *score* dalam bentuk grafik di bawah ini.

Tabel 4.8 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemanfaatan potensi alam, SDM dan teknologi dalam negeri bisa mendapatkan kemandirian teknologi yang murah dan tepat guna

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	15	68,2%
Setuju	7	31,8%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.8 Persentase *score* pernyataan terkait pemanfaatan potensi alam, SDM dan teknologi dalam negeri bisa mendapatkan kemandirian teknologi yang murah dan tepat guna

Sumber: diolah oleh peneliti

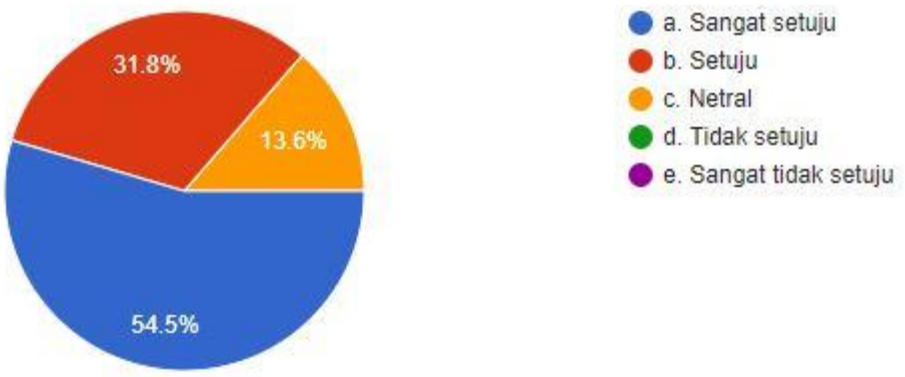
Gambar di atas menunjukkan bahwa mayoritas narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait pemanfaatan potensi alam, SDM dan teknologi dalam negeri bisa mendapatkan kemandirian teknologi yang murah dan tepat guna. Dengan perolehan *score* mencapai 100% menandakan bahwa potensi alam yang tepat dapat dimanfaatkan oleh FECABS. Potensi alam tersebut harus mudah didapatkan, sehingga pemanfaatan tersebut mudah diterapkan pada FECABS.

Hasil wawancara dengan narasumber juga diperoleh keterangan bahwa sumber daya alam di Indonesia seperti semen yang berlimpah dapat dimanfaatkan untuk wahana terapung dengan teknologi tertentu sebagai material alternatif. Pernyataan tersebut sangat disetujui oleh hampir semua narasumber sehingga pemilihan material FECABS dari semen dapat menjadi pertimbangan. Pernyataan yang telah disampaikan kepada narasumber juga peneliti sajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat seberapa besar *score* penilaian yang didapatkan.

Tabel 4.9 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai sumber daya alam di Indonesia seperti semen yang berlimpah dapat dimanfaatkan untuk wahana terapung dengan teknologi tertentu sebagai material alternatif

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	12	54,5%
Setuju	7	31,8%
Netral	3	13,6%
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.9 Persentase *score* pernyataan terkait semen yang berlimpah dapat dimanfaatkan untuk wahana terapung dengan teknologi tertentu sebagai material alternatif

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar di atas menunjukkan bahwa hampir semua narasumber menyatakan kesetujuaannya untuk semen dapat dimanfaatkan oleh FECABS sebagai material alternatif. Dengan perolehan *score* di atas 80% menandakan bahwa material seperti semen dapat dimanfaatkan menjadi bahan penyusun FECABS. Semen tersebut menjadi bahan baku yang penting agar FECABS dapat dibuat lebih terjangkau, lebih tahan lama, kuat dan aman dari vandalism.

Sebagai alat utama sistem pertahanan yang mudah dalam mendapatkan bahan bakunya, FECABS memiliki material tersendiri dalam

menyusun struktur komponen materialnya. Asrena Kasal Laksamana Muda TNI Muhammad Ali menyatakan bahwa pemanfaatan sistem *buoy* yang dibangun dengan bahan kandungan lokal tidak kalah kualitasnya namun secara harga jauh lebih terjangkau sebagai alat *surveillance* pengamanan di laut. Komandan Guspurla Koarmada I, Laksamana Muda TNI Dato Rusman menyatakan bahwa FECABS berfungsi dalam operasi TNI AL dengan memberikan informasi yang dapat dipelajari dalam rangka menentukan berapa banyak unsur TNI AL yang akan digunakan untuk berpatroli. Kemudian Asisten Operasi (Asops) Kasal Laksamana Muda TNI Didik Setiyono mengungkapkan bahwa kemampuan FECABS dapat digunakan sebagai pengganti elemen baja, sehingga mengaplikasikan teknologi *ferrocement* untuk membangun *autonomous bouy* sebagai salah satu alternatif solusi membangun sistem pengawasan di laut merupakan sebuah terobosan dan inovasi di bidang kemaritiman. Material FECABS yang terbuat dari *ferrocement* dapat diperoleh dengan mudah di wilayah Indonesia, karena banyak industri yang berkecimpung dalam dunia semen. Banyak industri semen di Indonesia yang sudah maju di antaranya sebagai berikut:

a) Semen Indonesia (Persero) Tbk

Perusahaan semen ini termasuk yang terbesar di Indonesia. Kapasitas produk yang dapat diproduksi yaitu 250.000 ton semen per tahun. Semen Indonesia memiliki pasar sendiri. Perusahaan ini berpusat di Gresik, Jawa Timur. Anak perusahaan ini tersebar di seluruh Indonesia mulai dari Jawa, Sumatra hingga Sulawesi. Saat ini, kapasitas terpasang Semen Indonesia sebesar 29 juta ton semen per tahun, dan menguasai sekitar 42% pangsa pasar semen domestik. Semen Indonesia memiliki anak perusahaan yaitu PT. Semen Gresik, PT. Semen Padang, PT Semen Tonasa, Thang Long Cement, dan PT Solusi Bangun Indonesia Tbk.

b) PT Cemindo Gemilang

PT Cemindo Gemilang merupakan produsen semen premium di Indonesia. Saat ini PT Cemindo Gemilang memiliki empat pabrik yaitu

Pabrik Semen Terpadu yang berkapasitas produksi 4 juta ton semen per tahun, Pabrik Penggilingan di Ciwandan berkapasitas produksi 1.750.000 ton semen per tahun, Pabrik Penggilingan di Gresik berkapasitas produksi 1.000.000 ton semen per tahun, Pabrik Pengemasan Semen di Pontianak berkapasitas 500.000 ton semen per tahun.

c) PT Solusi Bangun Indonesia Tbk

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk adalah sebuah perusahaan publik Indonesia dimana mayoritas sahamnya dimiliki dan dikelola oleh PT Semen Indonesia Industri Bangunan (SIIB). PT Solusi Bangun Indonesia juga merupakan perusahaan yang membeli saham Semen Dynamix yang sejak dahulu bernama Semen Holcim. Saat ini semen Dynamix memiliki empat pabrik di Indonesia yaitu di Narogong (Jawa Barat), Cilacap (Jawa Tengah), Tuban (Jawa Timur), dan Lhoknga (Aceh). Keempat pabrik itu memiliki kapasitas produksi sebesar 14,8 juta ton semen per tahun dan mempekerjakan lebih dari 2400 orang.

Dengan melihat beberapa perusahaan semen asli Indonesia, membuat potensi dari produksi FECABS dapat berjalan dengan baik dan lancar. Selain itu, FECABS memiliki material yang mudah dan terjangkau dalam produksinya. Banyak industri pertahanan dan industri pendukung lainnya yang mampu dalam membuat material *ferrocement* ini sehingga tidak perlu melakukan impor terhadap material tersebut.

Persyaratan khusus yang harus dipenuhi oleh suatu FECABS memungkinkan dapat mewujudkan semua persyaratan umum yang sudah ditetapkan. Persyaratan khusus ini menjadi ciri khas utama dalam memenuhi suatu teknologi keamanan dan keselamatan maritim. Persyaratan khusus ini juga memiliki banyak *item-item* yang menjadi hal penting dalam memainkan segala fungsi yang terdapat pada teknologi tersebut. Persyaratan khusus ini didapatkan melalui *operational requirement* saat FECABS diaplikasikan di perairan. Persyaratan ini memperhatikan lokasi perairan untuk penempatan FECABS. Berdasarkan hasil FGD (Laksda TNI (Purn) Dr. Surya Wiranto, S.H., M.H.), *Reviewer*

(Laksma TNI Dr. Ir. Trismadi, M.Si., IPU), wawancara (Asops KASAL) dan sumber lainnya bahwa FECABS direkomendasikan untuk ditempatkan pada beberapa *choke point* di Indonesia dengan memperhatikan kondisi cuaca tertentu saat di perairan lainnya. Kepala Kantor Pengelolaan Informasi Marabahaya Laut (KPIML) Bakamla Kolonel Bakamla Jan Lucky Boy Siburian menyatakan sistem ini harus disesuaikan dengan kondisi alam (seperti gelombang, arus laut dan lainnya) dimana alat tersebut ditempatkan dan mudah dipantau selama 24 jam. Berdasarkan *operational requirement* saat penempatan FECABS pada *choke point* maka didapatkan dua kebutuhan yang diperlukan yaitu *pertama,* lebar *choke point* yang menentukan kebutuhan tinggi antena FECABS. Dan *kedua* adalah arus pada *choke point* yang menentukan jenis *mooring* yang dipasang pada FECABS.

Choke point di Indonesia terdapat pada Selat Sunda, Selat Malaka, Selat Lombok, dan Selat Makassar. Menurut Capt. Ahmad Ramadhan Anwar dari Kesatuan Penjaga Laut dan Pantai (KPLP), wilayah sekitar Selat Sunda dan Selat Lombok dilalui 40% kapal-kapal niaga. Begitu juga menurut Tubuh dari Kabaksops POLAIR menambahkan bahwa wilayah Selat Malaka adalah termasuk daerah yang paling rawan. Penempatan FECABS di beberapa *choke point* tersebut memperhatikan parameter lebar selat, arus, kedalaman, tinggi gelombang dan suhu permukaan laut. Suhu permukaan laut di wilayah Indonesia mempunyai kisaran yang cukup lebar yaitu 26,0°C hingga 31,5°C. Berikut peneliti jelaskan masing-masing selat sesuai parameter tersebut.

a. Selat Sunda

Selat Sunda merupakan selat yang menghubungkan antara Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Selat ini berbentuk seperti corong, bagian utara selat berukuran lebih sempit (±24 km) dan lebih dangkal (±80 m), sedangkan bagian selatan memiliki lebar sekitar 100 km dan kedalaman mencapai 1.575 m (Birowo, 1983). Menurut Nuryati *et al* (2019) menjelaskan bahwa kecepatan

maksimum tertinggi terdapat di kedalaman 31,77 m dengan nilai kecepatan 1,95 m/dt pada arah utara. Sedangkan kecepatan rata-rata tertinggi terdapat pada kedalaman 31,77 meter dengan nilai kecepatan sebesar 0,20 m/dt. Sedangkan nilai kecepatan rata-rata terendah terdapat pada kedalaman 15,7 m, 19,7 m dan 23,77 m. Hasil dari pengolahan *Current rose* menunjukkan bahwa arah dominan arus laut di Perairan Selat Sunda adalah ke arah selatan dan barat daya. Selain itu berdasarkan hasil pengolahan data pasang surut dengan Metode *Admiralty*, maka dapat diketahui bahwa Perairan Selat Sunda memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) di mana dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda (Nuryati *et al*, 2019). Avrian (2020) menjelaskan bahwa tinggi gelombang di perairan Selat Sunda mulai dari tahun 2009-2018 mencapai 2,58 m pada barat laut Selat Sunda, 1,55 m pada timur laut Selat Sunda, 2,5 m pada barat daya Selat Sunda, dan 1,8 m pada tenggara Selat Sunda.

b. Selat Malaka

Selat Malaka berada di antara negara-negara pesisir dari Indonesia, Malaysia dan Singapura di utara pulau Sumatra Indonesia dan selatan Malaysia yang terletak 600 mil panjang dan merupakan koridor utama dari bagian antara Samudera Hindia dan Laut China Selatan. Dengan panjang sekitar 800 km, lebar 50 hingga 320 km, dan kedalaman minimal 32 meter (Joshua, 2006). Arus laut pada Selat Malaka dapat mencapai kecepatan 3 mil dengan perubahan kecepatan yang tidak teratur (Burmansyah, 2016). Menurut Nedi (2010), kondisi normal tinggi gelombang di Selat Malaka berkisar 0.10-0.40 m. Tingginya gelombang di Selat Malaka disebabkan karena perairan ini merupakan perairan terbuka yang dipengaruhi oleh kecepatan angin, lamanya angin

bertiup dan jarak tanpa rintangan (*fetch*). Kedalaman air rata-rata di Selat Malaka hanya 53,38 m. Selat Malaka lebih luas dan lebih dalam di wilayah barat laut. Bagian terluas di wilayah ini adalah sekitar 341 km (Sumatra-Semenanjung Malaysia) dan kedalaman air rata-rata di wilayah Barat Laut adalah 66,4 m. Beberapa stasiun lebih dalam dari 100 meter. Selat Malaka menjadi lebih sempit dan dangkal di ujung tenggara. Bagian tersempit di kawasan ini hanya berjarak sekitar 24,9 km (Sumatra-Semenanjung Malaysia). Kedalaman air rata-rata di bagian tenggara selat ini adalah 39,5 m (Hii *et al*, 2006).

c. Selat Lombok

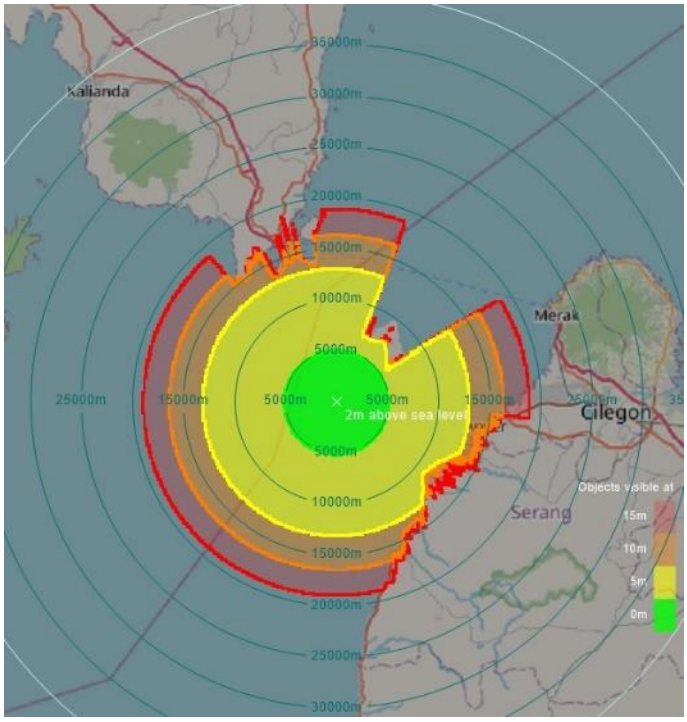
Selat Lombok adalah selat yang menghubungkan laut Jawa dengan Samudera Hindia. Titik tersempit terletak di pembukaan pada bagian selatan, dengan lebar hanya 18 km, namun pada pembukaan utara sepanjang 40 km (Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, 2020). Hasil rekaman *mooring* selama 1,5 tahun, selat ini memiliki kecepatan arus harmonik rata-rata sebesar 0,25219 m/dt di kedalaman 100 meter (Pratomo, 2017). Selat Lombok memiliki kedalaman lebih dari 150 meter (Sukoco, 2018). Dalam kondisi biasa, tinggi gelombang berkisar antara 0,8-1,1 meter dengan periode gelombang bernilai 4,5-5 detik (Widiyanti, 2017). Untuk kondisi badai, tinggi gelombang dapat mencapai 4-5 meter dengan periode gelombang sekitar 10 detik (Burhan, 1998).

d. Selat Makassar

Selat Makassar adalah selat yang terletak di antara Pulau Kalimantan dan Sulawesi. Selat Makassar membentuk jalur laut dalam yang memisahkan Kalimantan dari Sulawesi dengan lebar dari 100-200 km dan panjang hingga 600 km dan memiliki *choke point* selebar kurang lebih 130 km. Sementara Cekungan Makassar Utara memiliki panjang 340 km dan lebar 100 km

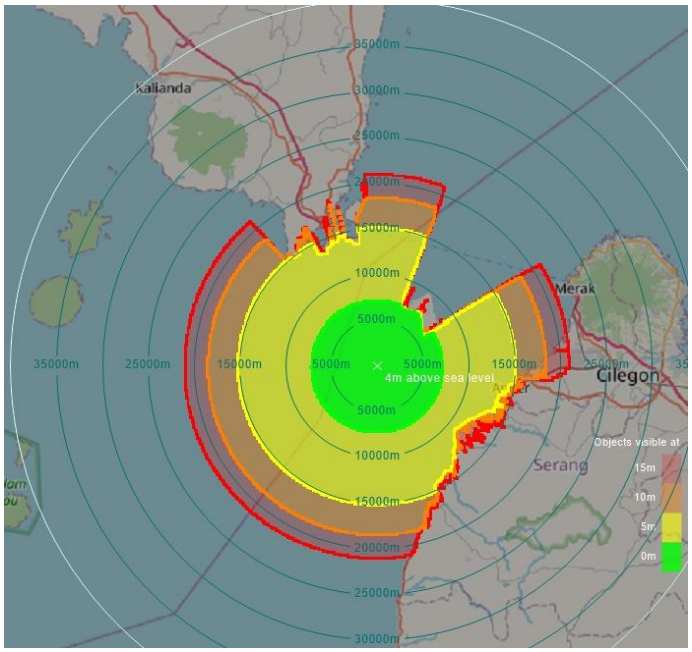
dengan kedalaman 200 hingga 2000 m, dan Cekungan Makassar Selatan menunjukkan kedalaman sama dengan panjang 300 km dan lebar 100 km (Wuragil, 2020). Kecepatan arus di Selat Makassar adalah lebih dari 12 m/detik (Daruwedho *et al*, 2016). Di Selat Makassar pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 270 m dan tinggi gelombang mencapai 2 m) (Taryono et al, 2016).

Berdasarkan penjelasan masing-masing *choke point* di atas, maka masing-masing parameter akan disimulasikan FECABS menggunakan radar dengan berbagai ketinggian untuk mengetahui jangkauan dalam melakukan pemantauan terhadap objek-objek di *choke point* tersebut. Murdjito dari ITS menerangkan posisi ketinggian radar akan menentukan titik berat dan luas bidang di atas air, sehingga sangat sensitif terhadap stabilitas, kekuatan dan oleh gerak sistem akibat beban gelombang, arus dan angin. Kemudian Murdjito juga manambahkan bahwa terkait dengan penyediaan konstruksi FECABS yang disyaratkan memenuhi kaidah hidrodinamis, kekuatan dan flexibilitasnya. Oktanto Dedi Winarko dari PT. 247 Solutions menjelaskan bahwa kemampuan radar ditentukan oleh jenis antena yang dipergunakan, daya pancar, sensitivitas *receiver* dan frekuensi yang dipergunakan. Umumnya jenis radar permukaan yang dipergunakan untuk keperluan ini bekerja pada frekuensi X band atau S band yang bersifat *line of sight* (LOS), untuk mengoptimalkan jangkauan deteksi target, umumnya radar dipasang di tempat yang memiliki ketinggian optimum. Pemasangan radar pada ketinggian empat meter ASL, akan memperoleh jangkauan sekitar 15 km pada target yang memiliki ketinggian 5 meter, 18 km pada target yang memiliki ketinggian 10 meter dan 21 km pada target yang memiliki ketinggian 15 meter. Berikut ini adalah pemodelan radar pada FECABS dengan berbagai ketinggian menggunakan *software* radar *Coverage*.



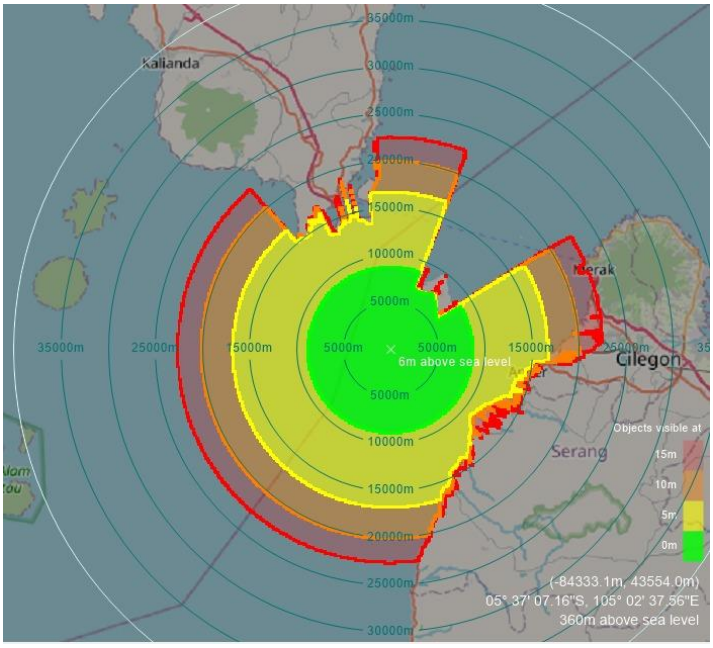
Gambar 4.10 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 2 m di atas permukaan laut di Selat Sunda

Sumber: diolah oleh peneliti



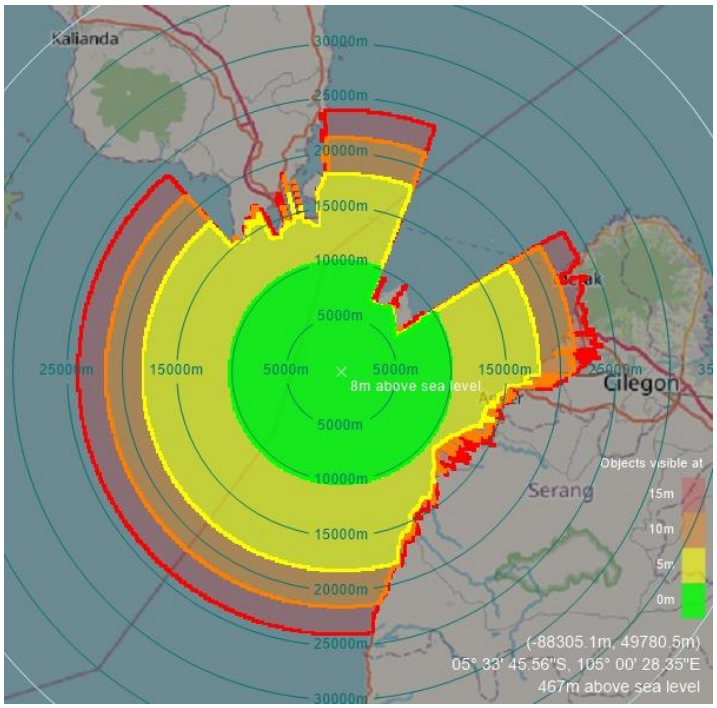
Gambar 4.11 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 4 m di atas permukaan laut di Selat Sunda

Sumber: diolah oleh peneliti



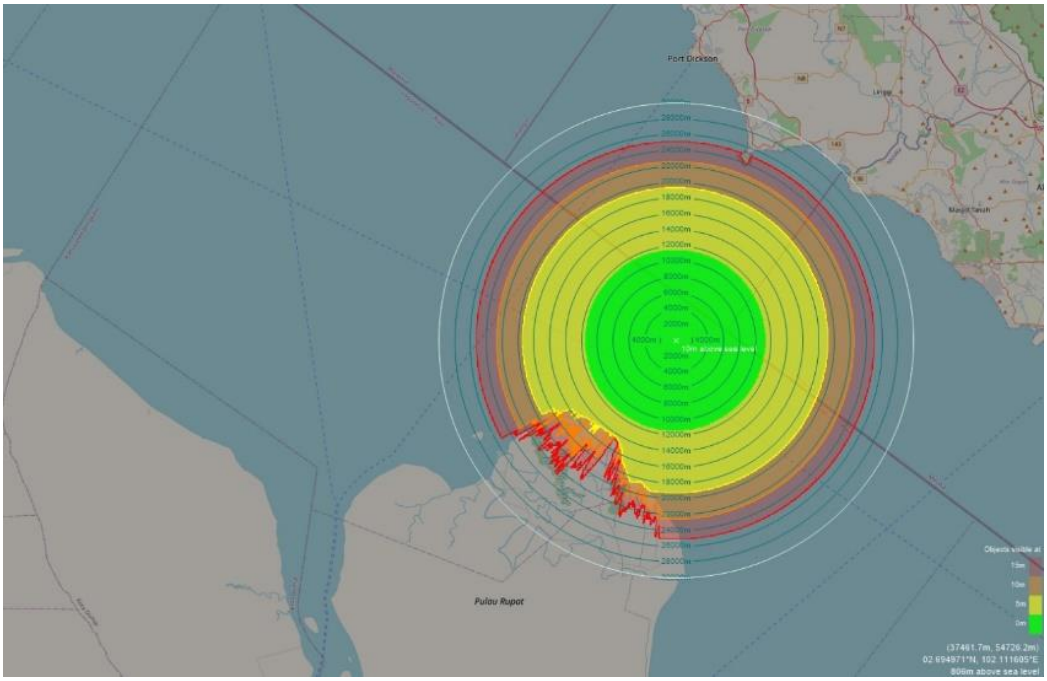
Gambar 4.12 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 6 m diatas permukaan laut di Selat Sunda

Sumber: diolah oleh peneliti



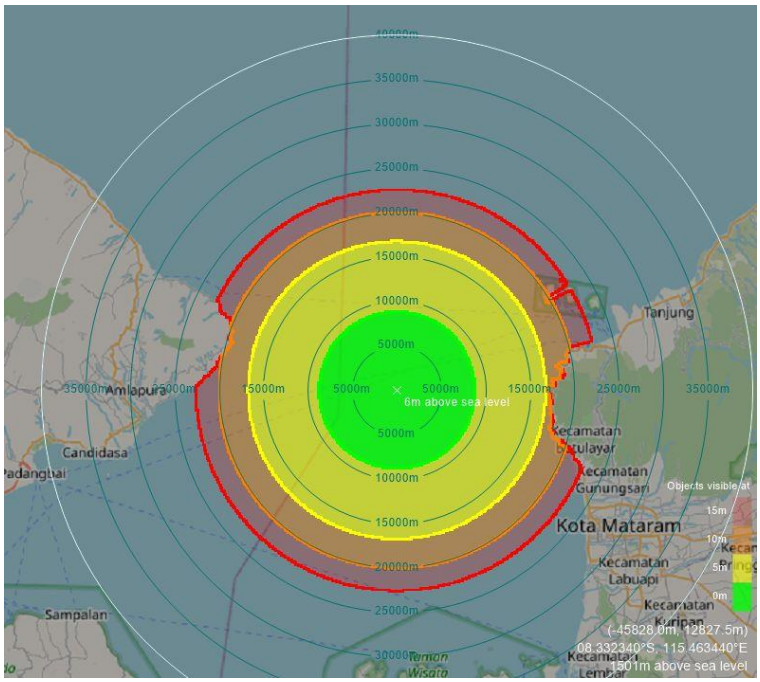
Gambar 4.13 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 8 m di atas permukaan laut di Selat Sunda

Sumber: diolah oleh peneliti



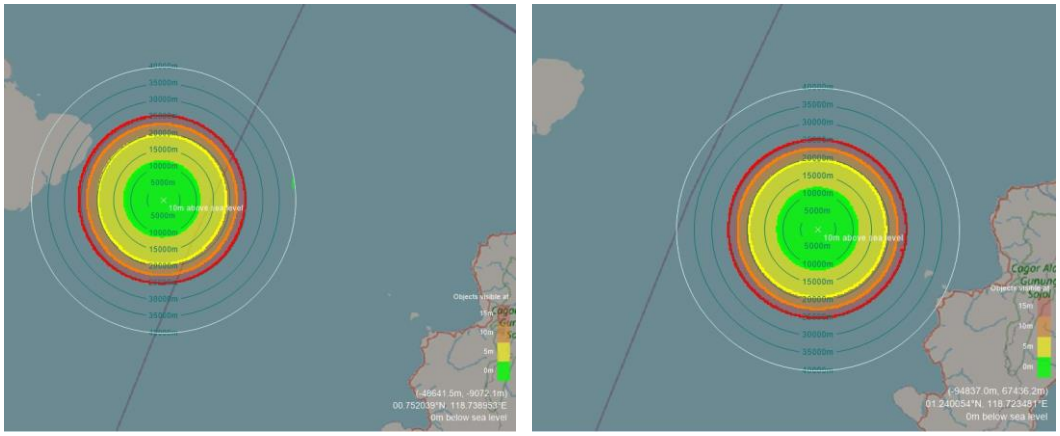
Gambar 4.14 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 8 m di atas permukaan laut di Selat Malaka

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.15 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 6 m di atas permukaan laut di Selat Lombok

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.16 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 10 m di atas permukaan laut di Selat Makassar

Sumber: diolah oleh peneliti

Berdasarkan berbagai permodelan radar FECABS yang sudah dijelaskan, maka dipilih satu varian FECABS dengan tinggi radar yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai lokasi di *choke point.* Hasil simulasi disajikan pada Tabel di bawah ini.

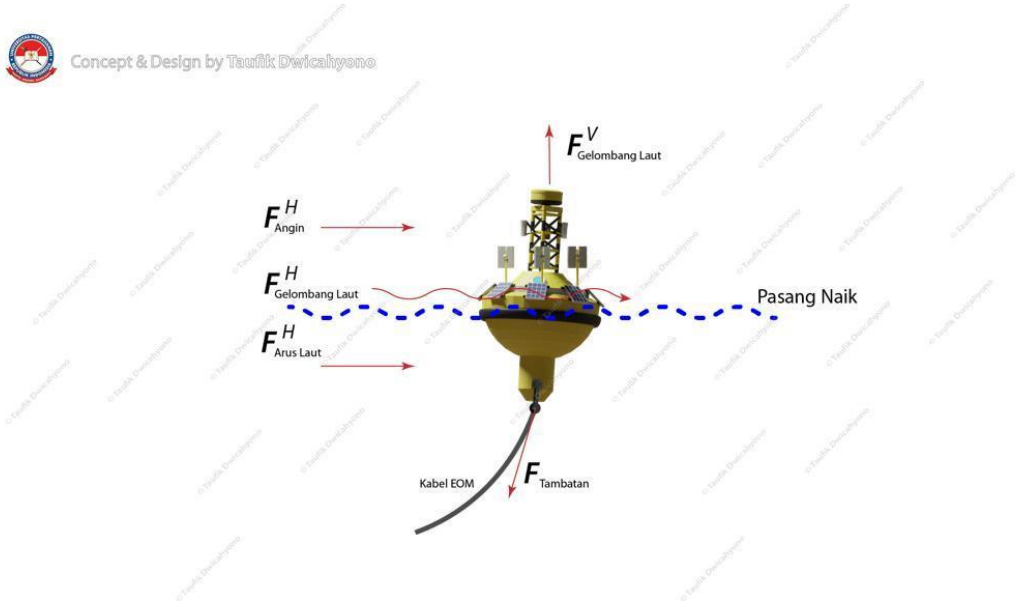
Tabel 4.10 Simulasi Permodelan Radar FECABS

No	Lokasi	Tinggi Radar	Tipe Radar	*Coverage Radius*
1	Selat Sunda	2 m	Garmin GPSMAP® 2108 Plus Part Number 010-01323-02	12 km
2	Selat Malaka	8 m		20 km
3	Selat Lombok	6 m		17 km
4	Selat Makassar	10 m		25 km

Sumber: diolah oleh peneliti

Peneliti menentukkan satu varian FECABS dengan ketinggian radar 8 m di atas permukaan laut seperti yang disimulasikan untuk Selat Malaka, apabila akan dimanfaatkan untuk Selat Makassar dapat dilakukan *extention* pada ketinggian antena radar sehingga dapat diubah menjadi 10 m dan dibutuhkan dua varian FECABS tersebut. Sedangkan dari berbagai informasi arus dan tinggi gelombang yang sudah didapatkan dari *choke point* berpengaruh pada jumlah *mooring* FECABS. FECABS harus memiliki jumlah *mooring* sebanyak 3 unit. Hal ini untuk mengatasi kecepatan arus

yang cepat dan tinggi gelombang yang besar serta membuat FECABS tetap dalam kestabilan dan posisi yang relatif tetap. Begitu juga dengan jarak jangkauan sonar yang dibutuhkan, melalui informasi masing-masing kedalaman *choke point*, FECABS hanya memiliki jangkauan terbatas karena faktor kemampuan sonar yang dipilih dan lain sebagainya. Namun dalam penelitian ini sonar tetap menggunakan *marine standard.* Untuk lokasi FECABS, peneliti juga telah melampirkan hasil analisis dari PT. 247 Solutions pada Lampiran 13.

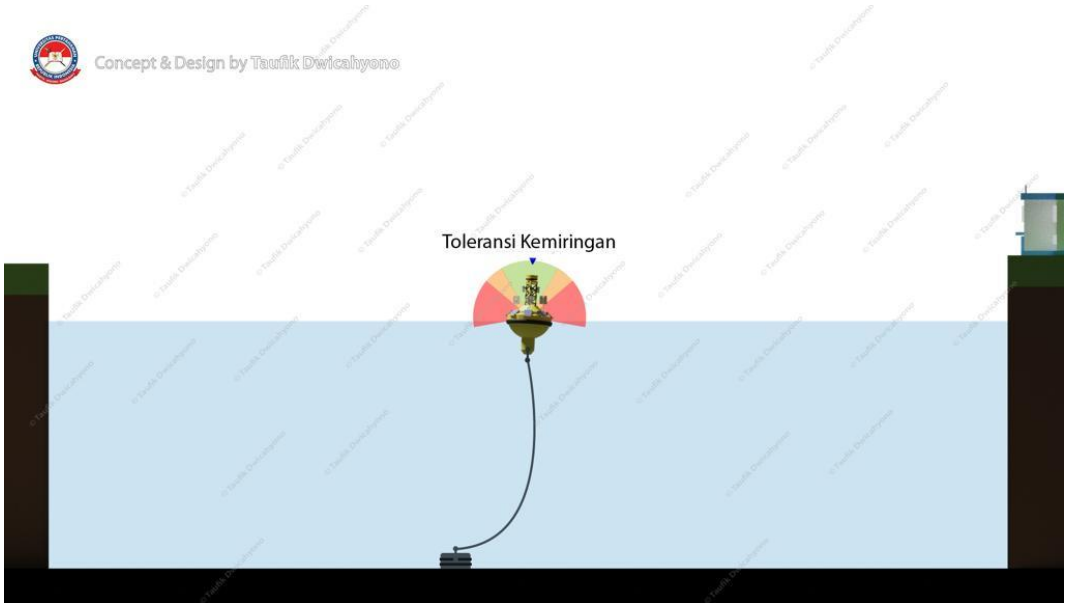


Gambar 4.17 Pengaruh Berbagai Gaya yang dialami FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar 4.8 di atas menjelaskan bahwa FECABS saat ditempatkan di perairan sekitar *choke point* mengalami berbagai gaya dari faktor lingkungan. Kebutuhan *mooring* dalam menjaga FECABS lebih stabil dan relatif tetap pada titik yang telah ditentukan. FECABS mengalami berbagai gaya baik secara horizontal maupun vertikal. Gaya tersebut diakibatkan pengaruh arus laut, gelombang laut, pasang laut dan angin. Gaya horizontal yang bekerja pada FECABS yaitu gaya angin, gaya gelombang laut, gaya arus laut. Sedangkan gaya vertikal yang bekerja pada FECABS adalah

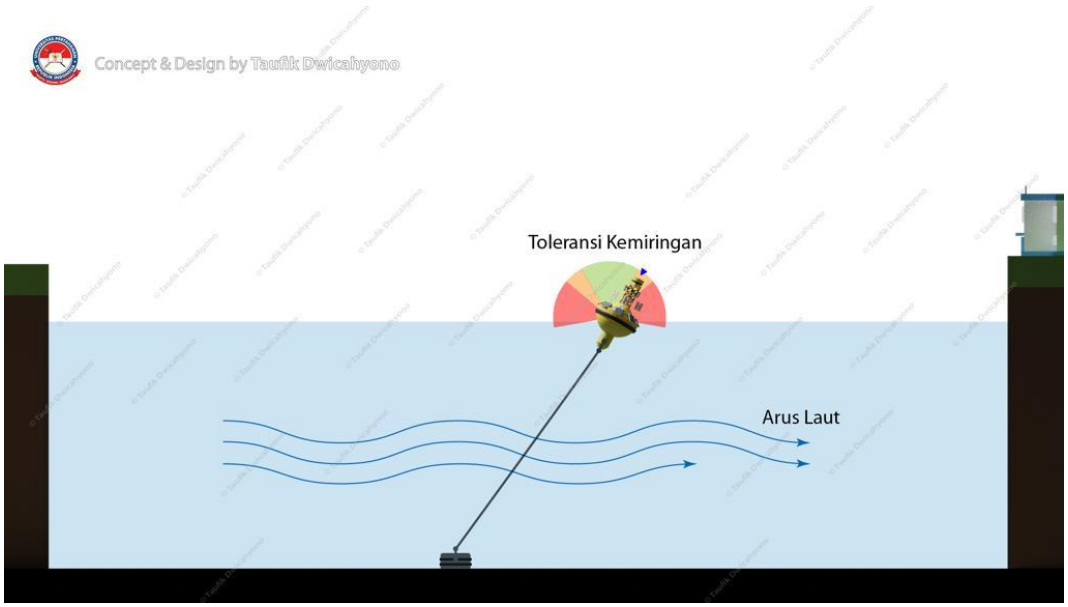
gaya *gelombang laut dan tambatan.* Kebutuhan *mooring* FECABS dapat ditentukan melalui berbagai besarnya gaya sehingga didapatkan toleransi kemiringan FECABS. Berikut peneliti sajikan ilustrasi dari *single mooring* untuk toleransi kemiringan FECABS di bawah ini.



Gambar 4.18 Ilustrasi *single mooring* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

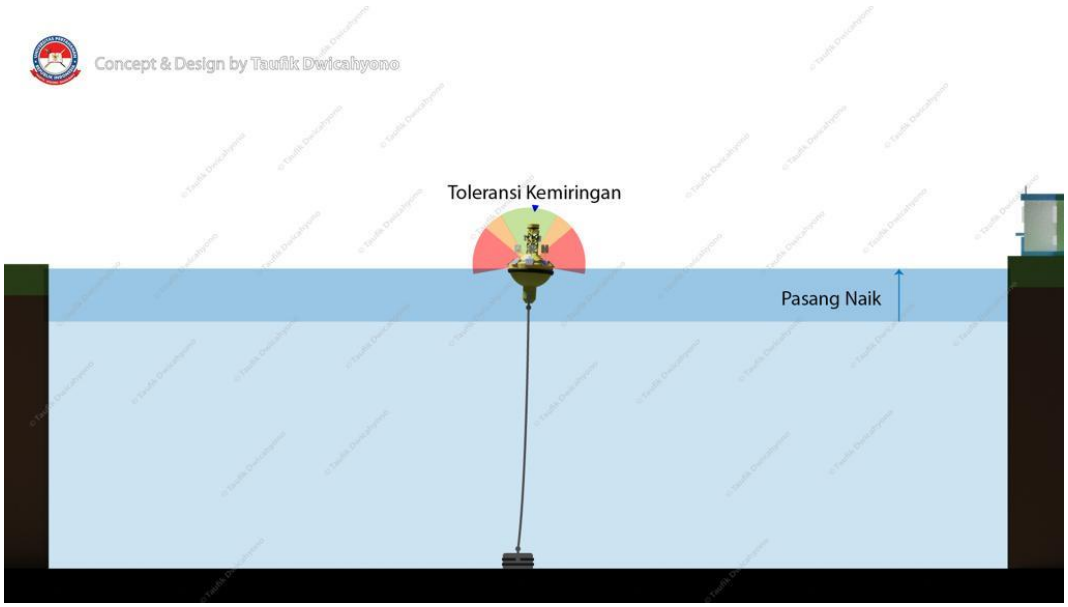
Dalam gambar di atas peneliti mengilustrasikan FECABS dengan *single mooring.* Pada saat kondisi laut di *choke point* surut maka FECABS akan mengendur mengikuti panjang tali tambat yang terikat dengan jangkar. Hal ini akan berpengaruh pada titik asal dan kestabilan FECABS dalam *choke point.* Selanjutnya peneliti juga menggambarkan keadaan FECABS saat mengalami pengaruh besarnya arus laut. Arus laut di *choke point* berbeda-beda dan masing-masing memiliki kecepatan arus yang tinggi. Berikut peneliti sajikan ilustrasi dari 1 *mooring* saat mengalami arus laut yang besar di bawah ini.



Gambar 4.19 Ilustrasi FECABS dengan *single mooring* saat mengalami arus laut yang besar

Sumber: diolah oleh peneliti

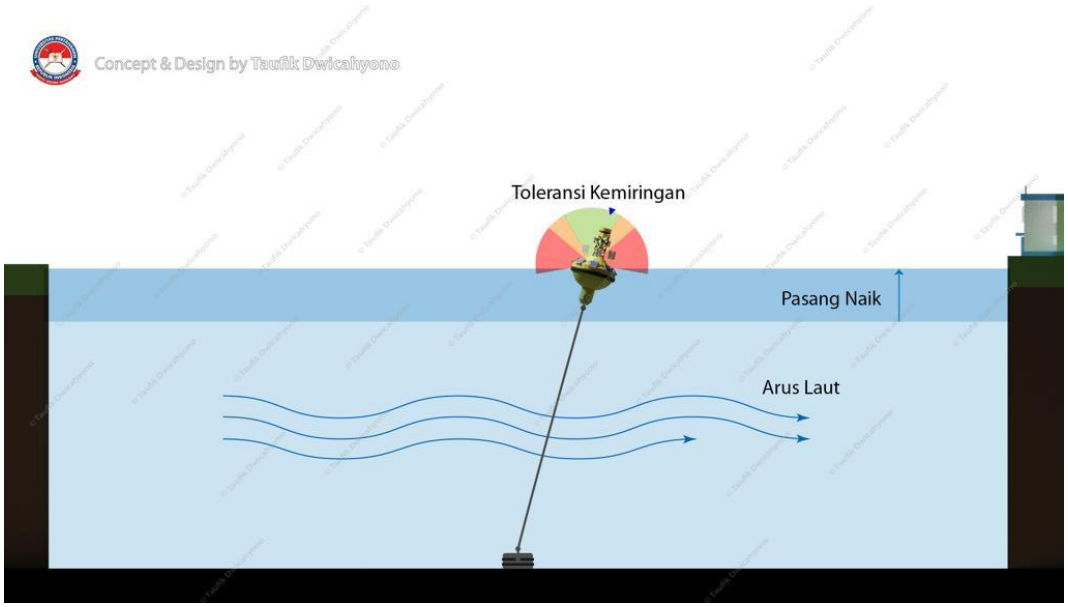
Diilustrasikan dalam gambar di atas, FECABS mengalami pergeseran titik asal FECABS yang cukup jauh. Hal ini diakibatkan tali tambat yang terdorong arus laut yang besar sehingga berpengaruh pada FECABS menjauh dari titik awal. Keadaan FECABS dengan sistem *single mooring* menunjukkan bahwa kestabilan FECABS saat terdorong arus laut menjadi menurun. Dengan 1 tali tambat yang sudah menegang belum mampu menjaga dengan baik kestabilan FECABS. Sebagian *hull* FECABS juga terkena air laut dan kemungkinan membuat solar panel dan *wind* turbin yang berada pada atas *hull* FECABS sedikit tenggelam. Berikutnya peneliti sajikan ilustrasi dari *single mooring* pada FECABS saat mengalami pasang laut naik di bawah ini.



Gambar 4.20 Ilustrasi FECABS dengan *single mooring* saat mengalami pasang laut yang naik

Sumber: diolah oleh peneliti

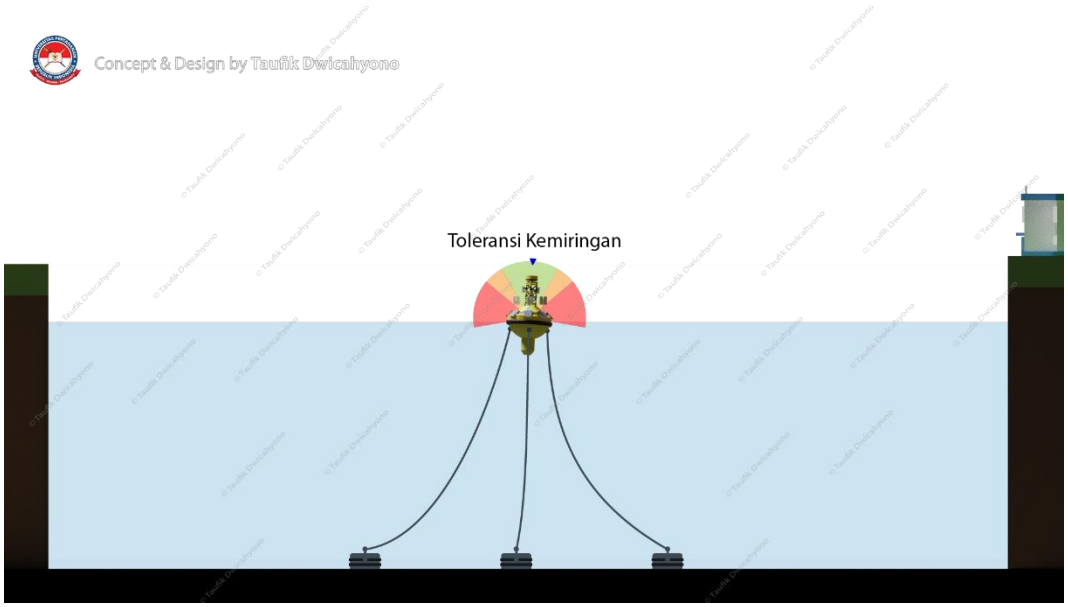
Gambar di atas memperlihatkan FECABS mengalami kenaikan posisi dari keadaan normal. Keadaan demikian membuat FECABS menarik tali jangkar hingga menegang dan FECABS relatif masih dalam kondisi stabil. *Single mooring* yang terpasang pada FECABS harus dapat mengantisipasi ketinggian air laut yang pasang sehingga tidak membuat FECABS tenggelam. Selanjutnya peneliti juga mengilustrasikan dua keadaan bersamaan yang terjadi pada FECABS yaitu kondisi arus laut yang besar dan air laut dalam kondisi pasang. Berikut peneliti sajikan gambar tersebut di bawah ini.



Gambar 4.21 Ilustrasi FECABS dengan *single mooring* saat mengalami arus laut besar dan pasang laut yang naik

Sumber: diolah oleh peneliti

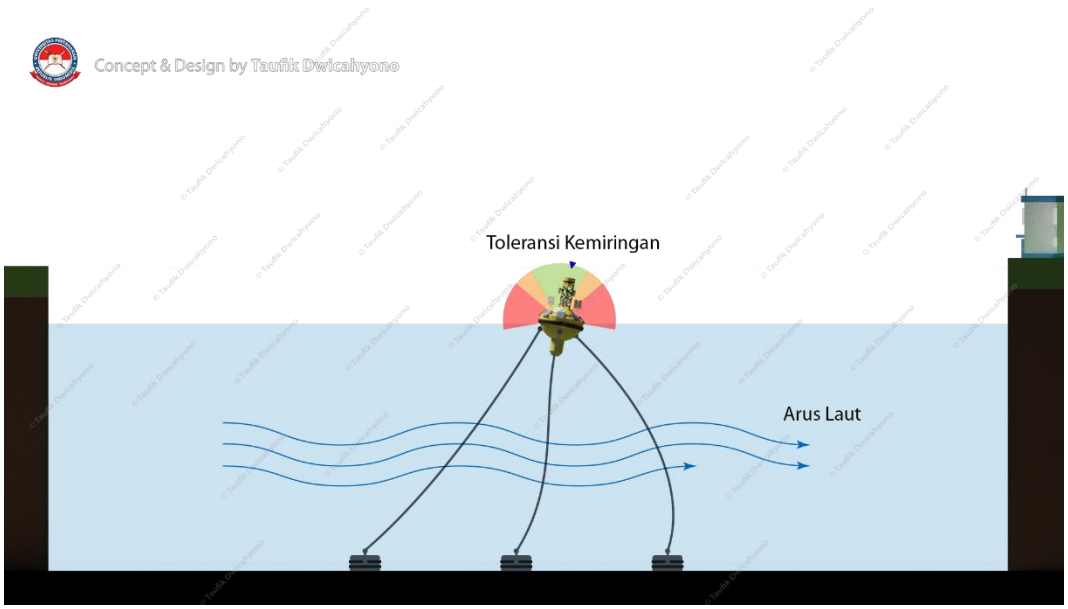
Pada gambar di atas, FECABS mengalami dua keadaan bersamaan yaitu air laut yang pasang dan arus laut yang tinggi. Hal demikian membuat FECABS menjadi terdorong mengikuti arah arus laut yang besar dan terangkat hingga kemiringan FECABS tidak stabil. *Single mooring* pada FECABS membuat tali jangkar menegang dan kurang mampu menahan air laut yang pasang sehingga solar panel mengalami sedikit tenggelam dan beberapa sensor juga melakukan pengamatan tidak seperti dalam keadaan stabil. Dengan demikian penentuan kebutuhan jenis *mooring* FECABS tidak layak menggunakan *single mooring* dan peneliti juga mencoba mengilustrasikan kembali dengan *three point mooring.* Berikut peneliti sajikan ilustrasi *three point mooring* pada FECABS di bawah ini.



Gambar 4.22 Ilustrasi *Three Point Mooring* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

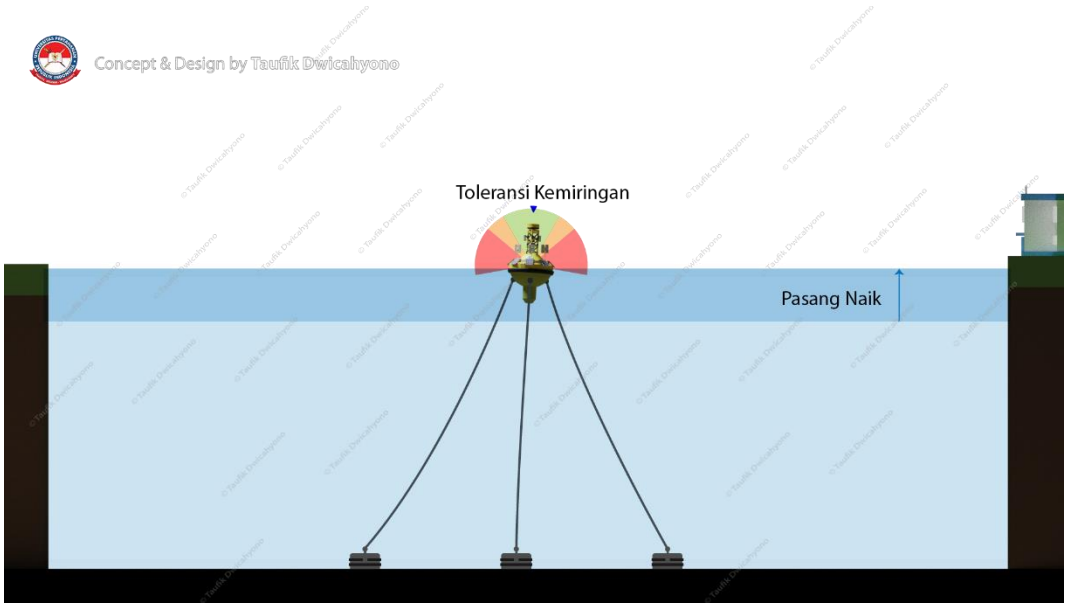
Digambarkan di atas, ilustrasi FECABS dengan *three point mooring.* Ilustrasi tersebut menjelaskan perairan di sekitar *choke point* dalam kondisi tenang sehingga tali jangkar mengendur mengikuti panjang tali tambat yang terikat dengan jangkar. Hal ini menjadikan FECABS lebih stabil dan cendurung pada titik asal dibandingkan dengan *single mooring.* Hal ini terjadi karena tarikan satu *mooring* dari satu arah saja belum mampu menjaga kestabilan FECABS. Sedangkan tarikan dari *three point mooring* memiliki 3 arah yang jauh lebih menjaga kestabilan FECABS. Selanjutnya peneliti menggambarkan keadaan FECABS dengan *three point mooring* saat mengalami pengaruh besarnya arus laut. Berikut peneliti sajikan ilustrasi dari *three point mooring* saat mengalami arus laut yang besar di bawah ini.



Gambar 4.23 Ilustrasi FECABS dengan *three point mooring* saat mengalami arus laut yang besar

Sumber: diolah oleh peneliti

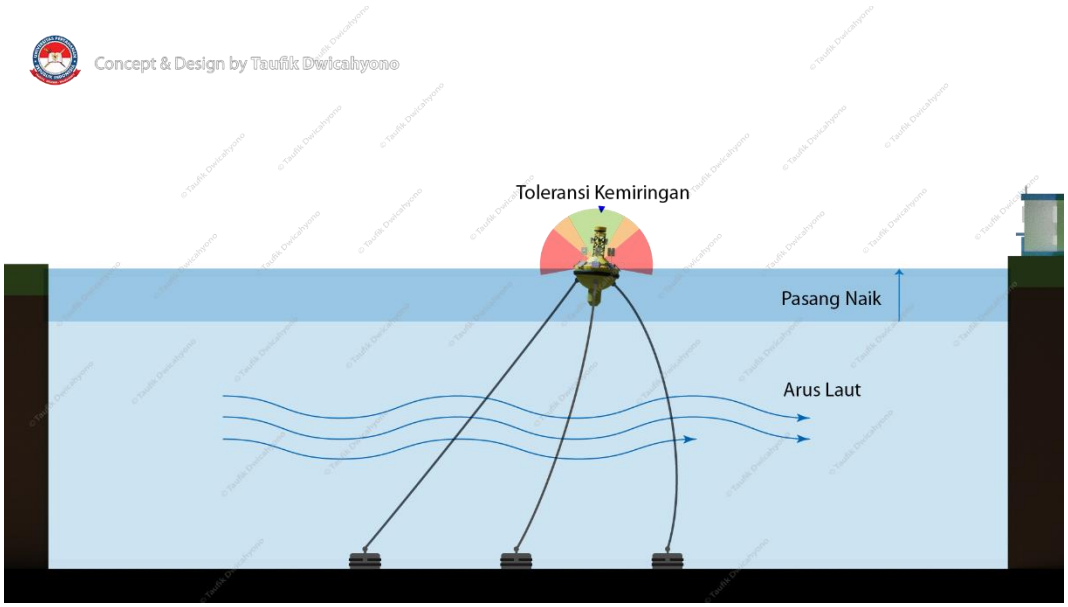
FECABS mengalami perubahan posisi ketika arus laut yang besar datang mengenai *three point mooring,* perubahan posisi tersebut tidak sebesar ketika menggunakan *single mooring.* FECABS cenderung lebih stabil meskipun mendapat arus laut yang besar. Hal ini terjadi karena dorongan arus laut terjadi diasumsikan satu arah, sedangkan dari dua arah lainnya FECABS masih tertahan oleh *mooring* lainnya. Peneliti selanjutnya juga mengilustrasikan keadaan FECASB dengan *three point mooring* dengan air laut pasang, gambar disajikan di bawah ini.



Gambar 4.24 Ilustrasi FECABS dengan *three point mooring* saat mengalami pasang naik air laut

Sumber: diolah oleh peneliti

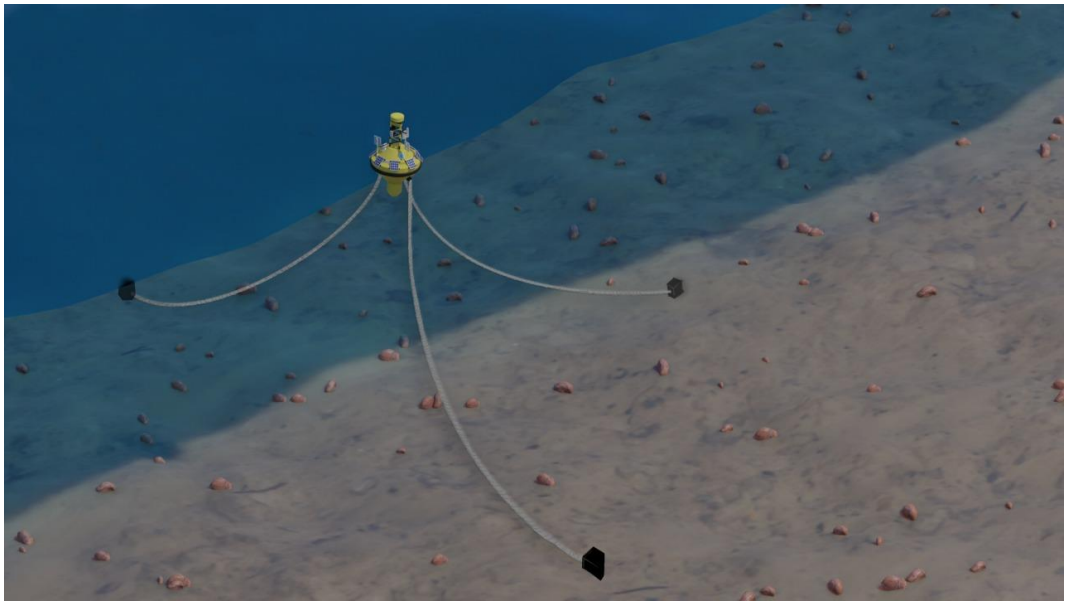
FECABS mengalami sedikit perubahan posisi menjadi lebih terangkat dari posisi semula, tali jangkar menegang sesuai ketinggian air laut yang pasang. Kondisi FECABS masih stabil meskipun mengalami pasang air laut. Berbagai sensor, panel surya dan *wind* turbin masih jauh dari ancaman tenggelamnya FECABS. Dengan demikian kondisi keamanan dan tingkat kestabilan FECABS dengan *three point mooring* jauh lebih tinggi dibandingkan FECABS dengan *single mooring,* sehingga penentuan kebutuhan FECABS untuk *mooring* lebih cenderung menggunakan *three point mooring.* Ilustrasi keadaan FECABS dengan *three point mooring* saat mengalami laut yang pasang dan arus laut yang besar, sajikan di bawah ini.



Gambar 4.25 Ilustrasi FECABS dengan *three point mooring* saat mengalami arus laut besar dan pasang laut yang naik

Sumber: diolah oleh peneliti

FECABS dengan *three point mooring* diilustrasikan mengalami perubahan posisi dari posisi awal namun tidak sejauh FECABS dengan *single mooring*. Hal ini terjadi akibat tali jangkar yang masih menahan dengan kuat FECABS meskipun sudah menegang dan menerima dorongan arus laut yang besar, dorongan arus laut juga diredam dengan penempatan *three point mooring.* Tingkat kestabilan FECABS dengan *three point mooring* juga jauh lebih stabil dibanding *single mooring.* Maka dari itu, peneliti memilih menggunakan *three point mooring* yang menjadi kebutuhan FECABS. Adapun ilustrasi *three point mooring* yang digunakan pada FECABS disajikan dalam bentuk 3D sebagai berikut.



Gambar 4.26 Ilustrasi FECABS dengan *three point mooring* dalam bentuk 3D

Sumber: diolah oleh peneliti

Berdasarkan hasil *Round Table Discussion* (RTD) yang telah dilakukan peneliti terhadap narasumber yaitu pakar radar dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Prof. Yuyu Wahyu yang menjelaskan perlu adanya *stabilizer* untuk pemasangan radar di *buoy* dan pentingnya jangkauan radar untuk FECABS. Hal itu dikarenakan situasi dan kondisi di lautan yang penuh dengan gelombang laut yang besar, kondisi pasang surut dan arus laut yang cepat membuat kondisi radar kurang stabil. Untuk itu diperlukan *stabilizer* yang menyatu dengan radar sehingga pengambilan data oleh radar dapat berjalan secara akurat.

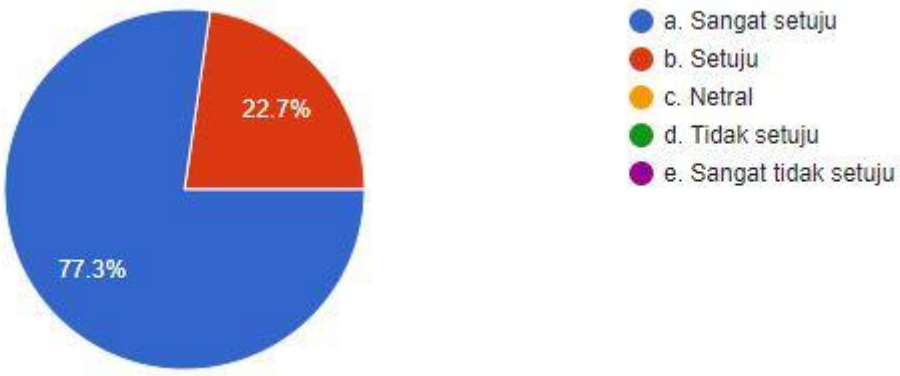
Berdasarkan hasil wawancara yang diperoleh peneliti terhadap narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN bahwa negara Indonesia butuh banyak inovasi yang memiliki kekhususan sebagai negara kepulauan dalam rangka menjaga keamanan maritimnya. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh FECABS sebagai inovasi yang memiliki kekhususan dalam menjaga keamanan maritimnya. Pernyataan hasil

wawancara tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan persentase *score* sebagai berikut.

Tabel 4.11 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai mempertahankan kedaulatan dan menghadapi ancaman maritim, negara Indonesia butuh banyak inovasi yang memiliki kekhususan sebagai negara kepulauan dalam rangka menjaga keamanan maritimnya.

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	17	77,3%
Setuju	5	22,7%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.27 Persentase *score* pernyataan terkait Indonesia butuh banyak inovasi yang memiliki kekhususan sebagai negara kepulauan dalam rangka menjaga keamanan maritimnya

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar di atas menunjukkan bahwa mayoritas narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait Indonesia butuh banyak inovasi yang memiliki kekhususan sebagai negara kepulauan dalam rangka menjaga keamanan maritimnya. Dengan perolehan *score* mencapai 100% menandakan bahwa inovasi menjadi jalan yang harus ditempuh agar keamanan maritim lebih dapat diperkuat dari sebelumnya. Oleh karena itu, FECABS hadir sebagai inovasi dalam menjaga keamanan maritim di

Indonesia dengan kemudahan dapat ditempatkan di selat-selat sehingga membantu operasi TNI AL dan *stakeholder* keamanan laut lainnya.

4.2.2 Persyaratan Khusus

Persyaratan khusus lainnya dari FECABS ini di antaranya dapat melakukan pemantauan, pemeriksaan, pengamatan, dan komando pengendalian. Berikut secara detail masing-masing persyaratan khusus dijabarkan.

a. Pemantauan

Kemampuan utama dari sistem teknologi FECABS adalah pemantauan. Jupriyanto menjelaskan bahwa fungsi pemantauan di laut untuk FECABS dapat menggunakan Radar, AIS, Sonar dan *Long Range Camera.* Dalam penelitian ini *Long Range Camera* masih menjadi opsi peralatan sepatutnya namun ke depannya *Long Range Camera* dapat digunakan untuk menambah kemampuan FECABS. Pakar sensor Beno Kunto Pradekso juga menyatakan bahwa akan sangat bermanfaat bila ditambahkan sejumlah sensor kamera sehingga pengawasan dapat diberikan dalam bentuk gambar/*image* maupun film pendek. Kabagopsnal Korpolairud Tubuh Musraeh juga menyatakan bahwa *Long Range Camera* dibutuhkan polisi untuk fungsi pemantauan di laut.

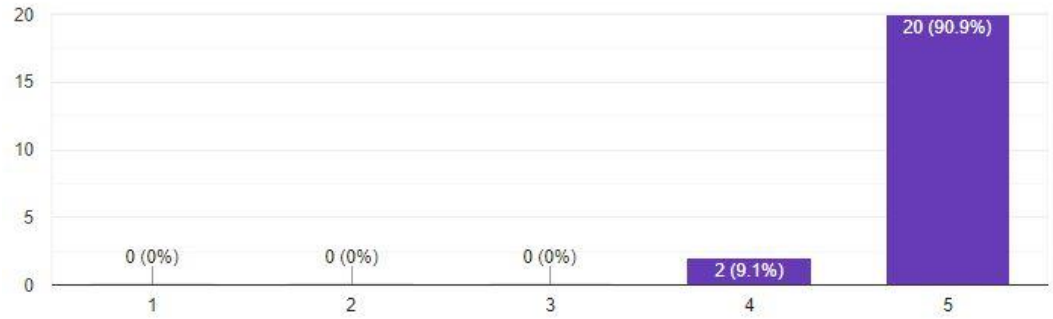
Menurut Asrena Kasal Laksda TNI Muhammad Ali, bahwa FECABS perlu dilengkapi dengan sistem yang terpadu baik *hydrophone* pasif atau aktif, radar *surveillance*, kamera, *thermal images*, radio komunikasi dan sensor lainnya seperti alat pantau cuaca dan lain sebagainya. Direktur Kenavigasian Ditjen Hubla Hengki Angkasawan menyatakan bahwa perlu sensor untuk dapat mendeteksi secara *real time* dan mengirimkan informasinya ke pusat. Budi Suchaeri menambahkan bahwa memungkinkan untuk pengembangan ke depan adalah Camera CCTV atau *long range*, *weather monitoring instrumen* dan pemasangan statiun *Relay* BTS dan sejenisnya. Untuk kemampuan FECABS diperlukan beberapa komponen utama berupa kemampuan pemantauan, sejalan dengan hasil

wawancara bahwa operasi penegakan hukum di wilayah maritim dilakukan oleh pejabat yang memiliki otoritas hukum untuk mendeteksi kejahatan. Menangkap pelaku pelanggaran dibutuhkan bukti yang diperlukan dalam rangka mendukung penuntutan yang dapat dijalankan di semua wilayah yurisdiksi. Pernyataan tersebut juga dinilai sangat penting oleh semua narasumber. *Score* terkait pernyataan disajikan tersebut ke dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.12 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pentingnya operasi penegakan hukum di wilayah maritim dilakukan oleh pejabat yang memiliki otoritas hukum dan untuk mendeteksi kejahatan, menangkap pelanggar dibutuhkan bukti yang diperlukan untuk mendukung penuntutan yang dapat dijalankan di semua

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
5	20	90,9%
4	2	9,1%
3	-	-
2	-	-
1	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.28 Persentase *score* pernyataan terkait pentingnya operasi penegakan hukum di wilayah maritim dilakukan oleh pejabat yang memiliki otoritas hukum dan untuk mendeteksi kejahatan, menangkap pelanggar dibutuhkan bukti yang diperlukan untuk mendukung penuntutan yang dapat dijalankan di semua

Sumber: diolah oleh peneliti

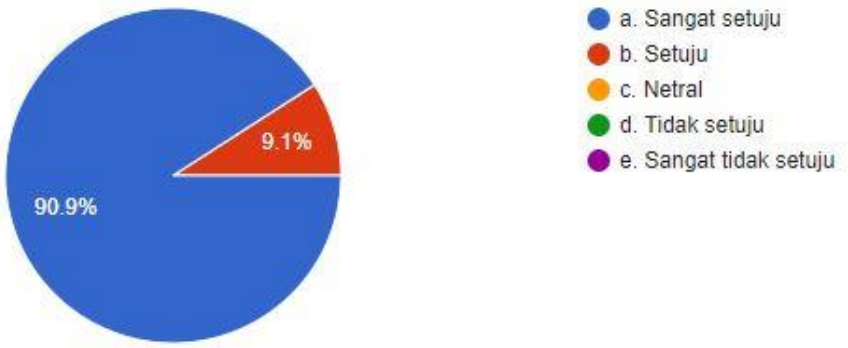
Grafik di atas menunjukkan bahwa hampir semua narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait pentingnya operasi penegakkan hukum di wilayah maritim. Dengan perolehan *score* di atas 90% menandakan bahwa pemanfaatan FECABS sebagai wahana untuk operasi penegakkan hukum perlu dilakukan. Penegakkan hukum penting dilakukan agar kedaulatan maritim nasional tetap terjaga.

Pemberlakuan sistem *monitoring, control* dan *surveillance* dalam penegakkan hukum di laut merupakan penegakan kedaulatan di laut. Terkait dengan pernyataan tersebut, FECABS dapat membantu penegakan kedaulatan dengan dirancang sistem *monitoring, control* dan *surveillance* yang menyertainya. Hal ini didukung hasil wawancara terhadap narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN yang setuju pemberlakuan sistem *monitoring, control, surveillance* dalam penegakan hukum di laut berarti penegakan kedaulatan di laut. Persentase penilaian dengan pernyataan tersebut digambarkan melalui tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.13 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemberlakuan sistem *monitoring, control, surveilance* dalam penegakan hukum di laut merupakan penegakan kedaulatan di laut

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	20	90,9%
Setuju	2	9,1%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.29 Persentase *score* pernyataan terkait pemberlakuan sistem *monitoring, control,dan surveilance* dalam penegakan hukum di laut merupakan penegakan kedaulatan di laut

Sumber: diolah oleh peneliti

Hasil di atas menunjukkan bahwa hampir semua narasumber menyatakan kesetujuaannya mengenai pemberlakuan sistem *monitoring, control,* dan *surveillance* dalam penegakan hukum di laut. Dengan perolehan *score* di atas 90% menandakan bahwa FECABS dapat menjadi alat yang dapat menegakkan hukum di laut karena memiliki sistem *monitoring, control,* dan *surveillance* yang dapat mengumpulkan data.

Kemampuan pemantauan yang dibutuhkan FECABS adalah mengidentifikasi objek-objek yang ada disekitar ALKI baik dari atas permukaan laut dan bawah permukaan laut. Komponen utama tersebut harus dapat melakukan pemantauan kapal-kapal, *drone* dan sebagainya yang berada pada permukaan laut. Pemantauan juga perlu dilakukan di bawah laut agar objek seperti kapal selam dan *drone* bawah laut dapat terdeteksi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 5 tahun 2010 tentang Kenavigasian dan IMO (*International Maritime Organization*) *Resolution A*, AIS digunakan untuk tujuan meningkatkan keselamatan dan keamanan pelayaran, sehingga AIS menjadi alat penting yang harus selalu dipasang pada setiap kapal atau kendaraan di laut. AIS dapat mendukung

pengawasan atau pemantauan terhadap tindakan-tindakan ilegal seperti penyelundupan, *illegal fishing*, atau mempermudah kegiatan SAR dan investigasi apabila terjadi kecelakaan kapal. Hal ini dilakukan AIS dalam membantu SAR dengan mengingat lokasi dan pergerakan kapal. AIS dalam FECABS akan mempermudah dalam memonitor pergerakan kapal-kapal di alur pelabuhan serta alur-alur strategis lainnya seperti jalur ALKI. Laksamana Muda TNI Muhammad Ali juga menambahkan bahwa FECABS perlu didaftarkan secara resmi dalam ketentuan navigasi serta dikoordinasikan dengan pihak TNI AL, Kemenhub, Bakamla dan Kemhan dan aparat kemaritiman lainnya.

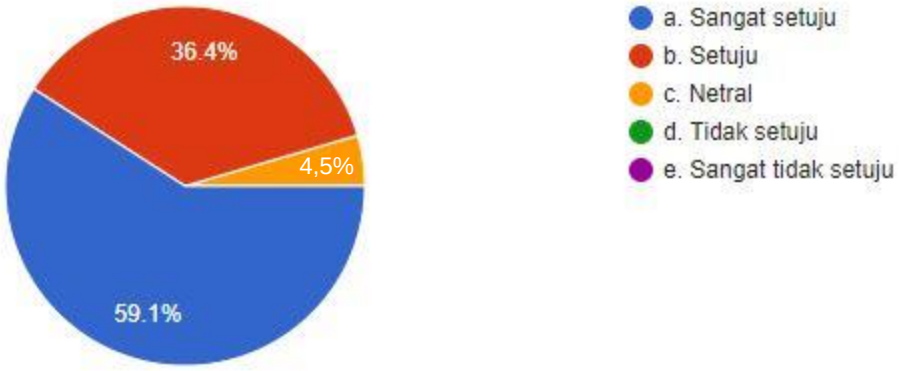
Perangkat AIS mampu mengirimkan banyak informasi hasil pemantauan, diantaranya data statis seperti *mobile system identification* atau ID kapal, *IMO number, call sign,* tipe kapal, panjang kapal dan lokasi dari posisi antena kapal. Selain data statis, AIS juga dapat mengirimkan data dinamis, diantaranya adalah posisi kapal, waktu pada *Coordinate Universal Time* (UTC), kecepatan, status navigasi dan laju pergerakan kapal. Kemampuan AIS lainnya adalah mengirimkan data pelayaran. Data pelayaran yang dimaksud berisi tinggi sarat kapal, tipe kargo *hazard,* tujuan dan *Estimated Time Of Arrival* (ETA) dari kapal tersebut.

FECABS sebagai sistem teknologi yang terinspirasi dari *buoy* sebagai alat bantu navigasi, bisa dimanfaatkan untuk *monitoring* dan *surveillance* dalam *static maritime border patrol* dengan dilengkapi berbagai sensor seperti radar, sonar, kamera dll. Pernyataan tersebut disetujui oleh berbagai narasumber dari hasil wawancara dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menampilkan *score* dari pernyataan tersebut.

Tabel 4.14 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai *Buoy* yang dikenal sebagai alat bantu navigasi bisa dimanfaatkan untuk *monitoring* dan *surveillance* dalam *static maritime border* patrol dengan dilengkapi teknologi sensor seperti radar, sonar, kamera

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	13	59,1%
Setuju	8	36,4%
Netral	1	4,5%
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.30 Persentase *score* pernyataan terkait *Buoy* yang dikenal sebagai alat bantu navigasi bisa dimanfaatkan untuk *monitoring* dan *surveillance* dalam *static maritime border patrol* dengan dilengkapi teknologi sensor seperti radar, sonar, kamera

Sumber: diolah oleh peneliti

Hampir semua narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait *Buoy* yang dikenal sebagai alat bantu navigasi bisa dimanfaatkan untuk *monitoring* dan *surveillance* dalam *static maritime border* patrol. Dengan perolehan *score* di atas 90% menandakan bahwa FECABS sebagai wahana berbentuk *buoy* dapat dimanfaatkan fungsinya sebagai *static maritime border patrol,* sehingga dapat mengisi gap dalam meningkatkan keamanan maritim di laut Indonesia.

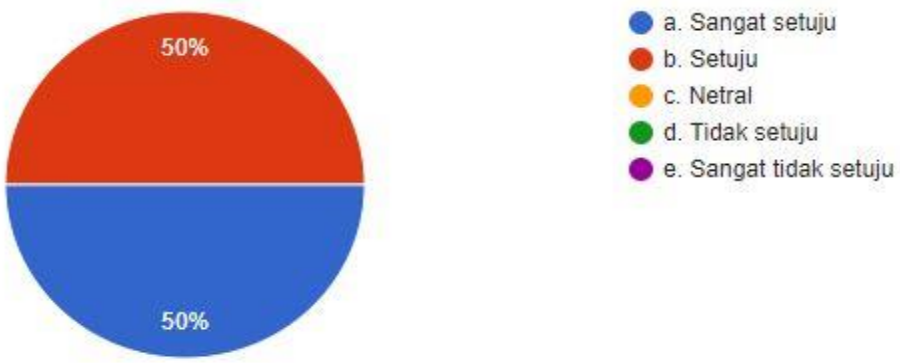
Radar (*Radio Detection and Ranging)* merupakan sistem pendeteksi objek yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk identifikasi jarak, arah, kecepatan baik objek bergerak maupun diam seperti pesawat terbang, kapal, kendaraan dan keadaan cuaca. Sistem radar terdiri dari bagian *transmitter* dan *receiver* yang letaknya pada lokasi yang sama atau dapat terpisah. *Transmitter* akan mengemisikan *radio wave* pada frekuensi dan daya tertentu. Ketika energi dari emisi gelombang radio mengenai objek akan dipantulkan ke semua arah. Sebagian dipantulkan kembali ke *receiver* dan mempunyai sedikit perubahan panjang gelombang bahkan frekuensi apabila target bergerak. Energi sinyal yang kembali biasanya sangat lemah sehingga perlu diperkuat menggunakan teknik elektronika di *receiver* dan dikonfigurasi *antenna.* Budi Suchaeri menjelaskan bahwa untuk pemasangan instrumen radar pada FECABS dengan menggunakan *tower* dan antena wajib mengkalkulasi ketinggian antena untuk daya jangkau radar yang akan dipasang. Semakin tinggi antena di atas kapal maka deviasi akibat *roll/pitch* wahana akan semakin besar, sudut dan polarisasi pancaran radar masih dalam toleransi *roll/pitch* antena. Pemberat *centrifugal* gimbal dapat digunakan untuk mengurangi efek *roll/pitch* antena radar.

FECABS sebagai sistem teknologi tanpa awak dapat dibangun dengan memanfaatkan teknologi dalam negeri untuk menjaga keamanan maritim di Indonesia. Bersumber pada hasil wawancara dengan narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN bahwa teknologi dalam negeri mampu membangun teknologi tanpa awak baik yang bersifat dinamis atau statis. Pernyataan tersebut sangat disetujui oleh narasumber dengan perolehan *score* yang peneliti sajikan dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.15 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai kemampuan teknologi dalam negeri mampu membangun teknologi tanpa awak baik yang bersifat dinamis atau statis

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	11	50%
Setuju	11	50%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.31 Pernyataan *score* terkait kemampuan teknologi dalam negeri mampu membangun teknologi tanpa awak baik yang bersifat dinamis atau statis

Sumber: diolah oleh peneliti

Grafik di atas menunjukkan bahwa hampir semua narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait kemampuan teknologi dalam negeri mampu membangun teknologi tanpa awak baik yang bersifat dinamis atau statis. Dengan perolehan *score* sebesar 100% menandakan bahwa FECABS sebagai teknologi tanpa awak yang bersifat statis dapat menjaga keamanan maritim di Indonesia. Sesuai sifatnya yang statis, FECABS dapat memantau kondisi keamanan maritim dengan berbagai sensor yang menyertainya tanpa harus bergerak.

FECABS membutuhkan radar yang dipergunakan sebagai alat bantu dalam mendeteksi kapal maupun objek lain dalam memberikan informasi

posisi maupun informasi kecepatan dan arah untuk mencegah terjadinya benturan. Radar berdasarkan kategorinya, memanfaatkan panjang gelombang berbeda misalnya S-Band dan X-Band. S-Band memiliki panjang gelombang antara 8-15 cm dengan frekuensi 2-4 Ghz, sedangkan X-Band memiliki gelombang paling rendah antara 2-4 cm dengan frekuensi 8-12 Ghz. Dengan adanya X-Band, kapal menjadi lebih sensitif dan dapat mendeteksi partikel yang lebih kecil seperti partikel air, presipitasi cahaya, pengamatan cuaca jarak dekat, dan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan pemantauan jarak jauh dari FECABS, radar yang diperlukan biasanya radar S-Band. Hal ini dikarenakan ukuran dan frekuensi radar S-Band lebih besar maka produksi gelombang radio dengan kekuatan penetrasi juga lebih besar. Andrian Andaya Lestari menjelaskan bahwa perlu dipertimbangkan pemasangan radar *beacon* pada setiap FECABS agar FECABS mudah terdeteksi radar sehingga memperkecil kemungkinan tertabrak oleh kapal, terutama pada malam hari. Selain itu radar *beacon* juga dapat berfungsi sebagai tambahan *waypoint* atau panduan navigasi bagi lalu lintas laut seperti halnya mercusuar.

Dalam membantu menemukan ada atau tidaknya bahaya benturan, radar dilengkapi fungsi *Automatic Radar Plotting Aids* (ARPA). Fungsi dari ARPA itu sendiri dapat mencari target secara otomatis yang dapat dilacak pada radar *echo*. Informasi yang didapat dari target sangat akurat meliputi posisi, arah, kecepatan, *Closest Point of Approach* (CPA), *Time to Closest Point of Approach* (TCPA), baringan dan jarak. Dan apabila target masuk dalam batas CPA dan TCPA, pesan alarm akan ditampilkan dengan alarm “Bip”. Sedangkan pada informasi panggilan digital, radar akan dapat menunjukkan dengan tepat titik arah *Man Over Board* (MOB) pada gema radar untuk membantu unit dalam operasi dan pencarian dan penyelamatan.

Oktanto Dedi Winarko menjelaskan bahwa setiap data yang dihasilkan oleh sensor yang terpasang harus terstandardisasi. Misalnya seperti GPS mengikuti standardisasi *National Marine Electronics*

Association (NMEA) baik NMEA 0183 ataupun NMEA 2000 dengan *sentences* berupa GGA, GGL. RMC. *Echo Sounder* mengikuti standardisasi NMEA baik NMEA 0183 ataupun NMEA 2000 dengan sentences berupa *Depth of Water* (DPT), *Depth Below Transducer* (DBT) dan *Mean Temperature of Water* (MTW). Sedangkan untuk radar terdapat dua output yang biasa dipakai yaitu NMEA untuk *Automatic Radar Ploting AID* (ARPA) maupun *Asterix.* Selain berupa data, sensor yang terpasang dapat berupa keluaran audio, *image* dan video. Semua keluaran sensor dikirim ke pusat untuk kebutuhan pengawasan, analisa, dan kebutuhan lainnya sedang arsip di lokal FECABS dapat disimpan dalam bentuk database dan *Virtual Data Room* (VDR).

Komponen penting lainnya yang diperlukan FECABS dalam memantau pergerakan bawah laut adalah sonar. Sonar *(Sound Navigation and Ranging*) merupakan suatu teknik deteksi dengan menggunakan gelombang akustik yang memanfaatkan air sebagai medium propagansi. Sistem Sonar sendiri terdiri dari sistem Pemancar (*transmitter*) yang didalamnya terdapat pembangkit gelombang, modulator, penguat, serta projektor (*transduser* elektrik-akustik), sementara pada sisi Penerima (*receiver*) terdiri dari *hydrophone* (transduser akustik-elektrik), *filter, demodulator,* penguat, pengolah sinyal serta Tampilan Peraga (*display*). Sonar bekerja dengan mengirim gelombang suara bawah permukaan dan kemudian menunggu untuk gelombang pantulan. Jangkauan sebuah sonar yang dibutuhkan FECABS untuk menangkap target berupa kapal selam, mendeteksi ranjau, mendeteksi kedalaman, penangkapan ikan secara ilegal, keselamatan penyelaman dan komunikasi di laut.

Dengan adanya sonar pada FECABS maka ancaman kapal selam asing dapat terpantau. Dalam jalur ALKI perlu pemantauan anti kapal selam yang menyusup wilayah Indonesia, dengan adanya FECABS maka kapal selam asing yang menyusup dapat terekam dan menjadi bukti dalam melakukan proses hukum. Sesuai dengan aturan UNCLOS bahwa kapal selam asing yang melakukan navigasi di permukaan menunjukkan bendera

merupakan hal yang wajib saat memasuki wilayah perairan Indonesia, dengan demikian kehadiran kapal selam asing dapat diketahui.

b. Pemeriksaan

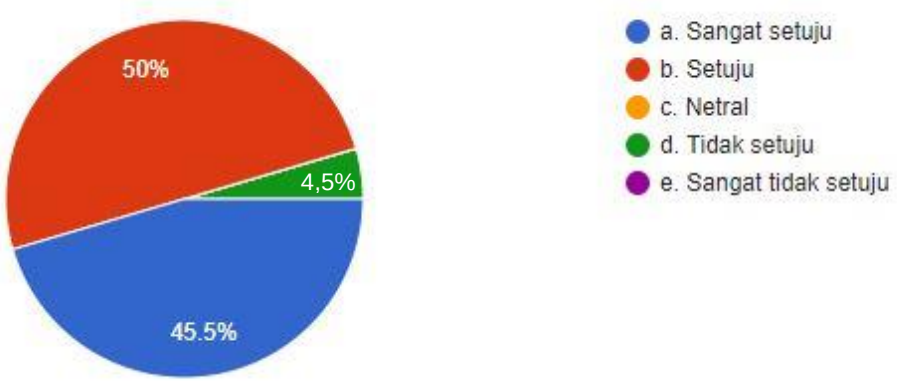
Kemampuan pemeriksaan sistem teknologi FECABS dalam menjaga wilayah perairan Indonesia merupakan hal yang penting. Pemeriksaan tersebut dilakukan FECABS terhadap kapal-kapal yang akan melewati ALKI atau pun di sekitar ALKI. Pemeriksaan tersebut tentunya dilakukan dengan menggunakan alat atau komponen yang dipasang pada FECABS. Wilayah perairan internasional memiliki aturan tersendiri bagi kapal-kapal yang melakukan pelayaran, untuk melakukan pelayaran melalui jalur ALKI harus mengikuti peraturan yang berlaku. Kemampuan pemeriksaan oleh FECABS merupakan hal yang penting dalam menjaga keamanan, keselamatan dan kedaulatan Indonesia.

Hasil wawancara dari narasumber di TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN bahwa pemanfaatan sistem *buoy* di laut akan sangat membantu untuk pengawasan dan monitoring secara terus menerus namun sangat rentan terhadap pencurian dan pengerusakan. Pernyataan tersebut dijawab dengan sangat setuju oleh semua narasumber sehingga menunjukkan FECABS sebagai sistem yang mengadopsi sistem *buoy* dapat membantu dalam pengawasan meskipun rentan terhadap pengrusakan. Hasil perolehan *score* penilaian terhadap pernyataan tersebut dituangkan dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.16 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemanfaatan sistem *buoy* di laut akan sangat membantu untuk pengawasan dan monitoring secara terus menerus namun sangat rentan terhadap pencurian dan pengerusakan

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	10	45,5%
Setuju	11	50%
Netral	-	-
Tidak Setuju	1	4,5%
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.32 Persentase *score* pernyataan terkait pemanfaatan sistem *buoy* di laut akan sangat membantu untuk pengawasan dan monitoring secara terus menerus namun sangat rentan terhadap pencurian dan pengerusakan

Sumber: diolah oleh peneliti

Semua narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait pemanfaatan sistem *buoy* di laut yang membantu untuk pengawasan dan monitoring secara terus menerus. Dengan perolehan *score* di atas 95% menandakan bahwa FECABS sebagai *buoy* akan menjadi alat bantu dalam pengawasan, meskipun rentan pencurian dan pengrusakan. Namun hal tersebut dapat diatasi melalui GPS yang terpasang di dalamnya, selain itu juga terdapat radar yang menunjukkan lokasi FECABS secara *real time*. Pemilihan *ferrocement* sebagai material

memperkecil kemungkinan untuk dicuri karena ukuran dan beratnya serta material yang tidak terlalu menarik.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Oktanto Dedi Winarko sebagai Kepala Riset, menjelaskan bahwa *unmanned system* selalu rentan terhadap suatu kegiatan pengrusakan, terutama jika *unmanned system* tersebut dilengkapi dengan sesuatu yang dianggap berharga bagi masyarakat pada umumnya. Untuk menghindari beberapa hal yang tidak diinginkan, *unmanned system* sudah seharusnya memiliki *self defence system* baik berupa pendeteksian dini ancaman pengrusakan, pemberian peringatan maupun penindakan jika dibutuhkan. Ketika terdapat target yang mendekat pada jarak tertentu, *system* akan memberikan *feedback* berupa peringatan sorot lampu dan audio untuk menjauh. *System* merekam kegiatan baik berupa data ataupun gambar secara terpusat sebagai barang bukti untuk kebutuhan lebih lanjut.

FECABS melakukan pemeriksaan terhadap kapal-kapal asing dengan sistem kerja yang telah diatur. FECABS akan memeriksa setiap kapal dengan AIS apakah melalui jalur ALKI atau tidak. Jika tidak sesuai jalur ALKI yang telah ditetapkan maka sistem FECABS akan mencatat kapal tersebut, dan dikonfirmasi radar FECABS yang aktif. Selanjutnya dari pusat komando pengendalian FECABS akan dapat menentukan tindakan terhadap kapal tersebut. FECABS melalui AIS dapat melakukan pemeriksaan terhadap kapal-kapal dengan mengecek beberapa dokumen di atas kapal dengan dokumen yang tertera pada izin yang dikeluarkan oleh instansi terkait.

c. Pengamatan

FECABS memiliki kemampuan pengamatan terhadap kapal-kapal asing di perairan ALKI. Kemampuan tersebut membutuhkan alat yang mampu mengamati kapal-kapal dengan beberapa sensor yang terpasang pada *platform* FECABS. Persyaratan yang diperlukan dari sistem FECABS berupa penangkapan gambar secara otomatis terhadap kapal-kapal asing

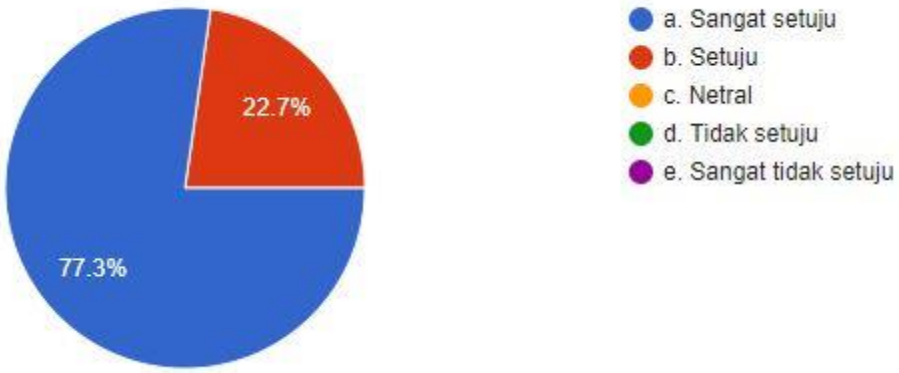
yang melanggar peraturan. Hal ini dapat dipenuhi dengan sistem kamera yaitu dalam menangkap penampakan kapal-kapal tersebut dan disimpan sebagai gambar. Dalam penelitian ini kamera sebagai opsi dan tidak terpasang.

Pemanfaatan teknologi tanpa awak diharapkan dapat membantu mengisi *gap* dari kebutuhan alat pengawasan yang sangat tinggi dalam meningkatkan keamanan maritim. Hasil wawancara dengan para narasumber dari TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN menunjukkan mereka setuju dengan pernyataan tersebut. Persentese *score* dari hasil wawancara terkait pernyataan tersebut disajikan ke dalam bentuk tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.17 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemanfaatan teknologi tanpa awak diharapkan dapat membantu mengisi gap dari kebutuhan alat pengawasan yang sangat tinggi dalam meningkatkan keamanan maritim

Skala	Jumlah Narasumber	Persentase
Sangat Setuju	17	77,3%
Setuju	5	22,7%
Netral	-	-
Tidak Setuju	-	-
Sangat Tidak Setuju	-	-
Total	22	100%

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 4.33 Persentase *score* pertanyaan terkait pemanfaatan teknologi tanpa awak diharapkan dapat membantu mengisi gap dari kebutuhan alat pengawasan
Sumber: diolah oleh peneliti

Grafik di atas menunjukkan bahwa hampir semua narasumber menyatakan kesetujuaannya terkait pemanfaatan teknologi tanpa awak yang diharapkan dapat membantu mengisi gap dari kebutuhan alat pengawasan. Dengan perolehan *score* 100% menandakan bahwa FECABS dapat mengisi *gap* yang terjadi saat ini untuk memenuhi alat pengawasan. FECABS menjadi salah satu alternatif alat tanpa awak yang mampu memperkuat pengawasan dengan biaya operasional yang terjangkau menggunakan kamera dan berbagai sensor yang lainnya.

Tuntutan sistem kamera ini sangat mendukung sistem keamanan dari FECABS. Kamera dapat melihat kapal-kapal dengan sudut 360º terhadap perairan ALKI. Selain itu, FECABS membutuhkan kamera yang mampu melihat baik jarak menengah hingga jarak jauh yang akurat dan berspesifikasi tinggi yang mendukung teknologi multi-sensor yang cocok untuk mengawasi perairan ALKI. Kamera tersebut juga diharapkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi (0,002˚), memiliki kecepatan geser dan kemiringan yang cepat (hingga 100˚ per detik) dengan rotasi berkelanjutan 360˚, pemosisian absolut, opsi multi sensor spesialis seperti *Short-wave infrared* (SWIR), *laser range finder* (LRF) dan iluminasi jarak jauh. Dengan

demikian kamera tersebut mampu menjawab kemampuan FECABS dalam melacak target 360˚ secara terus menerus tanpa gangguan.

Oktanto Dedi Winarko juga menambahkan bahwa sensor pengawasan umumnya menggunakan *bandwidth* yang rendah, hal ini untuk menjamin bahwa informasi yang dikirimkan atau diterima *reliable*. Sistem radar menggunakan ARPA yang berbasis NMEA 0183 di mana membutuhkan kecepatan data 4800 bps demikian juga sonar, sedangkan AIS menggunakan NMEA 0182HS dengan kecepatan data 38400 bps. Hal yang berbeda dengan kamera yang dapat menghasilkan video atau gambar dimana ukurannya cukup variatif bergantung dengan resolusi dan jenis kompresi. Penanganan khusus dibutuhkan untuk menekan kebutuhan *bandwidth* kamera.

Selain pengamatan di atas permukaan laut, pengamatan oleh FECABS juga dilakukan di bawah laut. Hal ini juga dilakukan dengan menggunakan sonar untuk mendeteksi ancaman dari bawah laut seperti kapal selam. Pengamatan dilakukan untuk memperkirakan ancaman yang dapat terjadi di bawah laut perairan ALKI. Sonar yang dibutuhkan FECABS memiliki persyaratan seperti sonar yang dapat meningkatkan kemampuan dalam mendeteksi, mengklasifikasikan dan melokalkan kapal selam pada jarak di luar ancaman serangan. Sonar ini harus mampu memancarkan frekuensi yang lebih rendah daripada yang digunakan saat ini dalam sonar aktif kapal permukaan. Frekuensi yang lebih rendah ini memanfaatkan propagansi suara yang lebih baik, memberikan ruang deteksi yang lebih besar. Sonar ini juga dibutuhkan untuk menggabungkan *array* pasif, karena deteksi sonar pasif dari kapal selam tetap menjadi prinsip *Anti Submarine Warfare* (ASW) yang penting.

Budi Suchaeri menjelaskan bahwa sistem FECABS akan memiliki ruang seperti navigasi kapal, akan muncul di layar monitor radar kapal objek-objek yang terukur jaraknya atau kapal yang ada dalam jangkauan radar, juga sonar yang mumpuni bisa melihat relief dasar laut dan apabila terdapat objek akan terdeteksi. FECABS akan memonitor sekeliling kapal

dengan AIS *receiver*, data-data dari Radar, Sonar, GPS, AIS tersebut dikirim ke pusat pengendali untuk dapat diolah secara *realtime*.

d. Komando Pengendalian

Komando merupakan kewenangan yang dimiliki komandan untuk mengarahkan, koordinasi dan mengendalikan pasukan militer. Sedangkan komando dan pengendalian memiliki arti pelaksanaan wewenang dan pengarahan dari seorang komandan yang ditugaskan untuk menyelesaikan suatu misi. Fungsi komando dan pengendalian adalah melaksanakan pengaturan personel, peralatan, fasilitas, dan prosedur yang dilakukan oleh seorang komandan dalam perencanaan, pengarahan, koordinasi, dan mengendalikan pasukan dan operasi dalam pencapaian suatu misi tertentu. Secara umum pos komando pengendalian yang berlokasi pada bangunan yang aman dioperasikan oleh pemerintah atau wakil militer (Ingo, 2009). Komando dan pengendalian secara lebih luas sebagai pendukung dalam *command and control,* fitur dan fungsi lain seperti pengintaian (*reconnaissance*), intelijen, pengawasan (*surveillance*), komunikasi, komputer, sistem informasi, dan target *acquisition.*

Komando pengendalian dalam sistem teknologi FECABS menjadi titik akhir dalam penyelesaian masalah dari ancaman yang muncul. Meskipun FECABS dibuat dengan sistem *autonomous* dalam memantau, memeriksa dan mengamati segala ancaman yang ada di perairan ALKI baik wilayah udara, permukaan laut dan bawah laut, FECABS juga membutuhkan satu komando pengendalian memonitor ancaman seperti kapal asing yang melanggar ALKI. Komando pengendalian ini dibutuhkan dalam mengambil keputusan dan tindakan atas berbagai informasi yang didapatkan dari sistem FECABS. Komando pengendalian juga turut andil dalam menjawab ancaman dengan menerbangkan *drone* ke lokasi ancaman untuk memberikan peringatan atau melakukan intersepsi dengan *speedboat* dan melaporkan bukti yang sudah didapatkan kepada pihak-pihak berwenang untuk ditindak lanjuti.

Komando pengendalian ini juga membutuhkan koneksi yang stabil terhadap FECABS. Pusat komando pengendalian biasanya berupa ruangan atau gedung yang aman dan beroperasi sebagai pusat pemantauan, koordinasi yang terintegrasi. Komando ini membutuhkan sumber daya manusia yang berkompeten dalam menyelesaikan masalah dalam menghadapi tantangan di lapangan. Lokasi komando pengendalian harus mempunyai risiko bencana alam dan serangan keamanan yang rendah. Ruangan komando pengendalian memiliki sistem komunikasi, sistem IT, sistem *power*, sistem keamanan yang lengkap dengan redudansi dan fasilitas *emergency support.*

4.3 Hasil Pengolahan Data Desain *Requirement* FECABS

Setelah peneliti mendapatkan berbagai data yang diperoleh dari berbagai sumber seperti studi literatur, wawancara, dokumen dan observasi, maka peneliti dapat mengolah data tersebut menjadi beberapa *requirement* dalam bentuk *operational requirement* FECABS. Berdasarkan persyaratan umum dan persyaratan khusus terkait sistem teknologi FECABS yang telah diuraikan maka dapat dirangkum menjadi Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Persyaratan yang dibutuhkan Sistem Teknologi FECABS

No.	Kriteria	Deskripsi
Kriteria Fisik		
1.	*Hull*	FECABS memiliki terbuat dari material *ferrocement cost effective*, tidak mudah dicuri dan kuat
2.	*Stability & Buoyancy*	FECABS memiliki stabilitas dan *bouyancy* yang baik saat di laut
2.	Suprastruktur + *Mast*	FECABS memiliki material suprastruktur berbahan metal seperti besi, aluminium
3.	Diameter hull	FECABS memiliki diameter tidak lebih kecil dari 4 m
4.	Berat	FECABS memiliki berat kurang dari 6 ton
5.	Tinggi Antena Radar	FECABS memiliki tinggi antena radar kurang lebih 8 m

6.	*Mooring System*	FECABS memiliki sistem penjangkaran dengan *three point mooring*
7.	Memiliki *renewable energy*	FECABS membutuhkan sumber energi sendiri seperti panel surya dan tenaga angin.
8.	Radar *Stabilizer*	FECABS membutuhkan stabilisator untuk antena radar
9.	*Marine standard*	FECABS membutuhkan peralatan yang *marine standard*
Kriteria Fungsi		
10.	*Surveillance*	FECABS membutuhkan sistem identifikasi otomatis atau *Automatic Identification System* (AIS).
11.	*Monitoring*	FECABS sebagai alat *monitoring* dan *navigation*
12.	Menyimpan data	FECABS membutuhkan penyimpan data untuk pengumpulan bukti.
13.	*Continous monitoring*	FECABS mampu beroperasi secara 24 jam dengan sistem teknologi autonomous.FECABS
14.	Inovatif dan memiliki kekhususan	FECABS memiliki tanpa awak dan statis, pengisi gap sistem patroli
15.	Sdm teknologi dalam negeri	FECABS harus dibuat oleh sdm dengan teknologi dalam negeri
16.	Kemampuan identifikasi	FECABS mampu melakukan identifikasi ancaman.
17.	Sistem keamanan laut	FECABS membutuhkan komponen pendukung untuk memantau pergerakan kapal asing dan mendapatkan informasi.
18.	Mampu memantau bawah laut	FECABS membutuhkan sonar dalam mendapatkan informasi bawah laut seperti ranjau bawah laut.
19.	Titik Referensi	FECABS dapat menjadi marka di laut baik diperbatasan maupun di jalur pelayaran
20.	Kemampuan transfer data	FECABS mampu mengirimkan data AIS, radar dan sonar ke pusat kendali.
21.	Biaya operasi rendah	FECABS memiliki biaya operasional yang rendah

Sumber: diolah oleh peneliti

4.4 Analisis Desain Requirement FECABS

Dari *design requirement* yang telah dikumpulkan, dijabarkan masing-masing penjelasan sebagai berikut,

a. *Hull*

FECABS membutuhkan material yang *cost effective,* tidak mudah dicuri dan kuat. Material *ferrocement* menjadi pilihan. *Ferrocement* juga mudah dibentuk dan diproses, harganya relatif terjangkau.

b. *Stability* dan *Buoyancy*

Untuk mendapat *buoyancy* yang bagus *ferrocement* harus dibuat secara seksama yang relatif tipis, kuat, tahan lama dengan volume yang cukup maka *buoyancy* tetap didapatkan dibandingkan masa dan volumenya. Dengan berat yang cukup tinggi diharapkan desain FECABS dengan distribusi ketebalan sedemikan rupa memberikan stabilitas yang cukup sehingga titik berat FECABS ada dibawah.

c. Diameter *Hull*

Pembuatan *hull* dilakukan di *workshop* yang jauh dari perairan dalam proses uji cobanya *hull* akan ditransportasikan darat dengan menggunakan truk sehingga batasan diameter *hull* yang dipilih tidak lebih dari 4 meter.

d. Berat

Dengan dimensi yang sudah dibatasi berdiameter dengan tidak lebih dari 4 meter berat FECABS pun dibatasi untuk tidak lebih dari 6 ton. Dengan pertimbangan apabila FECABS dianalogikan dengan kapal, berat dengan kurang dari 6 ton tidak diwajibkan klasifikasi dari BKI sehingga mempermudah penelitian dengan aturan yang sedikit.

e. Tinggi antena radar

Dalam menjalankan tugasnya salah satu sensor utama dari FECABS adalah radar. Untuk mendapat *coverage* area yang luas maka dibutuhkan tinggi antena yang cukup. Semakin tinggi posisi antena radar tiang (*mast*) dari FECABS harus menyesuaikan tetapi akan mengurangi stabilitas dari radar. Dari hasil simulasi radar *coverage* pada *choke point* dibutuhkan ketinggian radar dari 2, 4, 6, 8 dan 10 m. (Gambar 4.10 - 4.16) Ketinggian radar 8 m diatas laut menjadi pilihan karena tiang (*mast*) yang mudah diadaptasi ke tinggi 10 m dan turun sampai 2 m dengan stabilitas yang masih baik.

f. *Mooring system*

Mooring system dengan tiga titik lebih stabil dari pada satu. Penentuan struktur dari *mooring system* perlu mempertimbangkan kekuatan dan disitribusi gaya yang bekerja dengan FECABS. Untuk mengetahui beban serta kedalaman operasional maksimal FECABS akibat jangkar dan rantai perlu dilakukan perhitungan/simulasi dari *mooring characteristic*.

g. Memiliki *renewable energy*

FECABS membutuhkan sumber energi sendiri seperti panel surya dan tenaga angin. Memanfaatkan *renewable energy* sangat dibutuhkan FECABS dengan sistem operasi tanpa awak sehingga dapat beroperasi selama 24 jam penuh diharapkan hingga bertahun-tahun. *Renewable energy* mendukung kinerja FECABS dalam memberikan sumber daya untuk berbagai komponen sensor yang dipasang pada FECABS. Komponen solar panel dipilih karena memanfaatkan panasnya matahari yang tinggi saat FECABS berada di tengah lautan. Sedangkan komponen *wind turbine* dipilih untuk memanfaatkan sumber tenaga berupa pergerakan angin, keduanya cukup berlimpah di Indonesia.

h. Radar *Stabilizer*

Dari hasil pengumpulan data didapat bahwa radar dilaut dipengaruhi pergerakan dari *roll*, *pitch*, *yaw* sehingga akan mempengaruhi posisi *beam* radar terhadap targetnya. Walaupun dengan sudut *beam* yang mencukupi, radar tetap dapat mengambil data, *stabilizer* untuk radar sangat dianjurkan. *Stabilizer* yang digunakan pada FECABS adalah mekanikal gimbal menggunakan *linear motion bearing.*

i. *Marine standard*

Penempatan FECABS di *choke point* atau dilaut lepas akan sangat dipengaruhi oleh lingkungan baik air laut, angin, gelombang, dan sebagainya. Seperti pada kapal laut, instalasi dan peralatan yang digunakan FECABS selayaknya memiliki *marine standard*.

j. *Surveillance*

FECABS membutuhkan komponen utama seperti AIS, radar yang stabil, dan sonar. Komponen AIS dibutuhkan karena secara terus menerus akan mengirimkan data kapal seperti nama, jenis kapal, kebangsaan kapal, titik koordinat kapal, tujuan berlayar dengan perkiraan waktu tiba, kecepatan kapal dan haluan kapal. AIS dapat memantau kapal-kapal asing yang jauh dan mengurangi bahaya dalam bernavigasi. Komponen radar dengan kondisi yang stabil dibutuhkan karena kondisi FECABS saat diperairan yang tidak tenang karena banyak pengaruh arus, gelombang laut dan angin. Kondisi radar yang stabil didapatkan dengan menempatkan *stabilizer* di bawah radar sehingga dapat meredam berbagai gaya gangguan pada FECABS. Selain itu, dengan radar yang stabil juga mendukung tingkat akurasi dalam mengambil data jarak kapal lain.

Komponen sonar dipilih untuk memantau kapal selam dan ranjau, mendeteksi kedalaman, penangkapan ikan komersial dan komunikasi di laut. Dalam situasi perang, sonar sangat diperlukan untuk mendeteksi objek bawah air dalam melaksanakan peperangan anti kapal selam. Keandalan sonar dalam mendeteksi keberadaan objek bawah air dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bawah air yang sering berubah-ubah dan berbeda di setiap wilayah. Kondisi yang mempengaruhi kinerja sonar yaitu temperatur air laut, salinitas, kedalaman laut, bentuk dan kondisi dasar laut, *ambient/self-noise*, serta *propagation loss*. Kondisi bawah air yang kurang menguntungkan akan menimbulkan adanya *shadow zone* yaitu wilayah yang dapat digunakan oleh kapal selam bersembunyi agar tidak terdeteksi oleh sonar karena pancaran gelombang suara yang sulit menembus wilayah tersebut.

k. *Monitoring*

FECABS mampu mengamati dengan jelas objek yang ada di ALKI melalui komponen kamera, sonar bawah laut dan sensor lainnya. Keunggulan kamera dalam mengamati kapal-kapal sangat dibutuhkan, karena dapat memberi data visual terhadap kapal yang potensi ancaman

dengan melihat secara detail kapal meskipun dalam jarak yang jauh (*optional*).

FECABS juga mampu melakukan *monitoring* terhadap ancaman. *Monitoring* ini dilakukan dengan beberapa sensor yang selalu mengawasi perairan. Ancaman ini bisa berupa kapal-kapal di laut dan kapal selam di bawah laut. Pengidentifikasian dapat dilakukan dengan berbagai cara misalnya AIS yang tidak terdeteksi namun terdeteksi radar ataupun sebaliknya. Melalui *monitoring* semua kejadian akan disimpan sebagai bahan bukti dan evaluasi sistem patroli ke depannya.

l. Menyimpan data

Dalam penegakkan kedaulatan di laut hal yang paling penting dilakukan adalah bagiamana caranya penegakkan hukum dapat dilaksanakan. Sebagai nagara kepulauan dimana didalamnya terdapat jalur internasional kita berkewajiban menjaga keamanan keselamatan pelayaran diwaktu bersamaan kita perlu menjaga ketertiban lalu lintas di laut. Bentuk penegakkan hukum dilaut sampai saat ini hanya melayangkan protes ke negara pemilik kapal, walaupun demikian hal tersebut harus dilakukan. Penegakkan hukum dilaut membutuhkan bukti-bukti yang valid. Data-data yang valid tersebut dapat ditangkap oleh FECABS dan di rekam di sistem data *center*.

m. *Continous monitoring*

FECABS mampu beroperasi secara 24 jam dengan sistem teknologi *autonomous*. *Control system technology* yaitu tanpa menggunakan personel untuk tinggal di dalam FECABS. Dengan kemampuan beroperasi selama 24 jam, maka FECABS akan memberikan kemampuan monitoring berkelanjutan. Melalui teknologi *autonomous*, sistem kendali efisien sehingga biaya yang dikeluarkan lebih rendah dalam pengoperasiannya.

n. Inovatif dan memiliki kekhususan

Unmanned system yang ada di dunia umumnya merupakan *unmanned* system yang bergerak atau dinamis. *Unmanned* yang bersifat dinamis dibandingkan dengan wahana menggunakan awak memberikan

keuntungan terutama dibidang *human risk factor* dan biaya operasi yang lebih rendah. Untuk negara kepulauan seperti Indonesia bukan hanya diperlukan *unmanned* yang dinamis tetapi diperlukan *unmanned system* yang statis yang memiliki kelebihan sistem ini tidak kembali di pangkalan tetapi tetap diposisi secara terus menerus dan lebih sedikit *maintenance* serta tidak membutuhkan sistem penggerak. Inovasi dan kekhususan seperti ini akan memberikan manfaat yang besar dalam memberikan data dan informasi karena dapat disebar diseluruh beberapa tempat-tempat yang ditentukan bisa memberikan data secara bersamaan menutup gap dari jumlah kapal patroli yang dibutuhkan menjaga seluruh perairan Indonesia.

o. Sdm teknologi dalam negeri

Pembangunan *Ferrocement Autonomous Buoy System* ini membutuhkan teknologi yang tidak terlalu rumit dalam membangun wahana dan memasang sistem instalasi yang ada didalamnya. Pekerjaan tersebut dapat dilakukan oleh sumber daya yang banyak dan tersebar diseluruh Indonesia memberikan sedikit kepada pelaku kontsruksi bangunan akan dapat menghasilkan teknologi *ferrocement* yang baik. Tantangan terbesar dalam sistem ini adalah sistem telekomunikasi data sehingga beberapa FECABS dapat diintegrasikan membentuk satu sistem (misalnya *virtual gate* di selat) yang mempunyai penyimpanan data yang canggih (*big data*) dan dapat memanfaatkan *artificial inteligent* (AI) untuk menganalisanya sehingga data tersebut dapat langsung dimanfaatkan dalam mengambil keputusan. Teknologi seperti ini sudah dapat dibuat didalam negeri (baik telekomunikasi data, *big data*, AI).

p. Kemampuan identifikasi

FECABS membutuhkan transmitter/*receiver* sistem identifikasi otomatis atau *Automatic Identification System* (AIS). Identifikasi ini diperlukan FECABS dalam memanfaatkan identitas FECABS sendiri dan mendeteksi AIS kapal yang melintas ataupun yang terindikasi melakukan pelanggaran di wilayah perairan Indonesia. Persyaratan ini menjadi

penting, karena FECABS dengan kemampuannya menjadi salah satu alat pertahanan yang dapat mendukung kedaulatan Indonesia.

q. Sistem keamanan laut

FECABS membutuhkan komponen pendukung untuk memantau pergerakan kapal asing dan mendapatkan informasi. Komponen pendukung ini berupa sensor dan alat navigasi yang biasa digunakan oleh kapal-kapal atas air, sehingga FECABS memiliki kemampuan seperti kapal-kapal patroli. Informasi yang didapat dikirim secara *real time* dan dapat diakses melalui pusat kendali. FECABS menjadi sistem keamanan laut dengan kekhususan tersendiri sehingga dapat mendukung sistem keamanan laut secara umum.

r. Mampu memantau bawah laut

FECABS membutuhkan sonar dalam mendapatkan informasi bawah laut. Kemampuan memantau bawah laut dapat dipenuhi dengan sonar terutama tipe *multibeam* sehingga FECABS dapat memantau hingga ke dasar laut. Sonar *multibeam* memancarkan gelombang akustik dalam bentuk kipas di bawah *transceiver echosounder multibeam.* Berbeda dengan sonar lainnya, sonar *multibeam* menggunakan *beamforming* untuk mengekstrak informasi arah dari gelombang suara yang kembali, dan menghasilkan petak pembacaan kedalaman dari satu ping. Data *echosounder multibeam* dapat mencakup batimetri, hamburan balik akustik, dan data kolom air. Dalam penelitian dipakai tipe sonar sederhana.

s. Titik Referensi

FECABS dapat menangkap data *automatic identification system* dari kapal-kapal yang berlayar didekatnya. Sistem AIS yang dimiliki FECABS juga mampu mentransmisikan identitas dari FECABS itu sendiri sehingga dengan gps yang dimilikinya posisi dan identitas FECABS dapat dibaca *command center* dan oleh kapal-kapal yang berlabuh disekitarnya. Kemampuan ini jadi sangat menarik karena FECABS dapat menjadi *point of reference* di laut atau bisa menjadi marka selayaknya patok yang ada didarat. Fungsi ini dapat dimanfaatkan untuk menjadi batas laut

diperbatasan atau menjadi marka di laut sekaligus memonitor dan mencatat lalu lintas yang terdapat di alur kepulauan Indonesia.

t. Kemampuan transfer data

FECABS memerlukan kemampuan dalam mentransfer data dari radar, sonar dan AIS ke pusat kendali. Transfer data dibutuhkan secara *real time* untuk pengumpulan data yang dapat menjadi bahan bukti dalam proses hukum pelanggaran pelayaran. Selain itu, dengan adanya transfer data, keputusan tindakan akan adanya kapal asing yang mendekati perairan Indonesia menambah keefektifan dalam menjaga keamanan perairan Indonesia.

FECABS membutuhkan sensor untuk mengumpulkan informasi dari jalur kapal-kapal asing. Sensor yang dibutuhkan dapat berupa radar, AIS dengan kemampuan mengukur jarak, maka rute-rute pelayaran dapat diketahui dengan baik. Informasi yang telah dikumpulkan akan diolah menjadi data yang akan dikirim ke pusat kendali, sehingga data yang sudah terkumpul akan menjadi bahan bukti jika terjadi pelanggaran di wilayah perairan Indonesia dan proses penegakkan hukum dapat dilakukan. Informasi tersebut dapat berupa titik dari radar, data AIS dan gambar dari kamera yang ada pada FECABS (opsional).

u. Biaya operasi rendah

FECABS memerlukan biaya yang terjangkau dalam produksi dan operasionalnya. Karena FECABS tidak membutuhkan bahan bakar, FECABS mendapatkan listrik dari *renewable energy* dari matahari dan angin. Bahkan FECABS ukurannya lebih besar bisa ditambahkan tenaga arus laut. Dalam penelitian ini dipilih tenaga surya dan angin. Energi terbarukan ini sangat banyak didapatkan di Indonesia terutama di laut. Karena FECABS tanpa awak maka tidak membutuhkan biaya untuk pengawakan.

BAB 5
DESAIN *FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM*

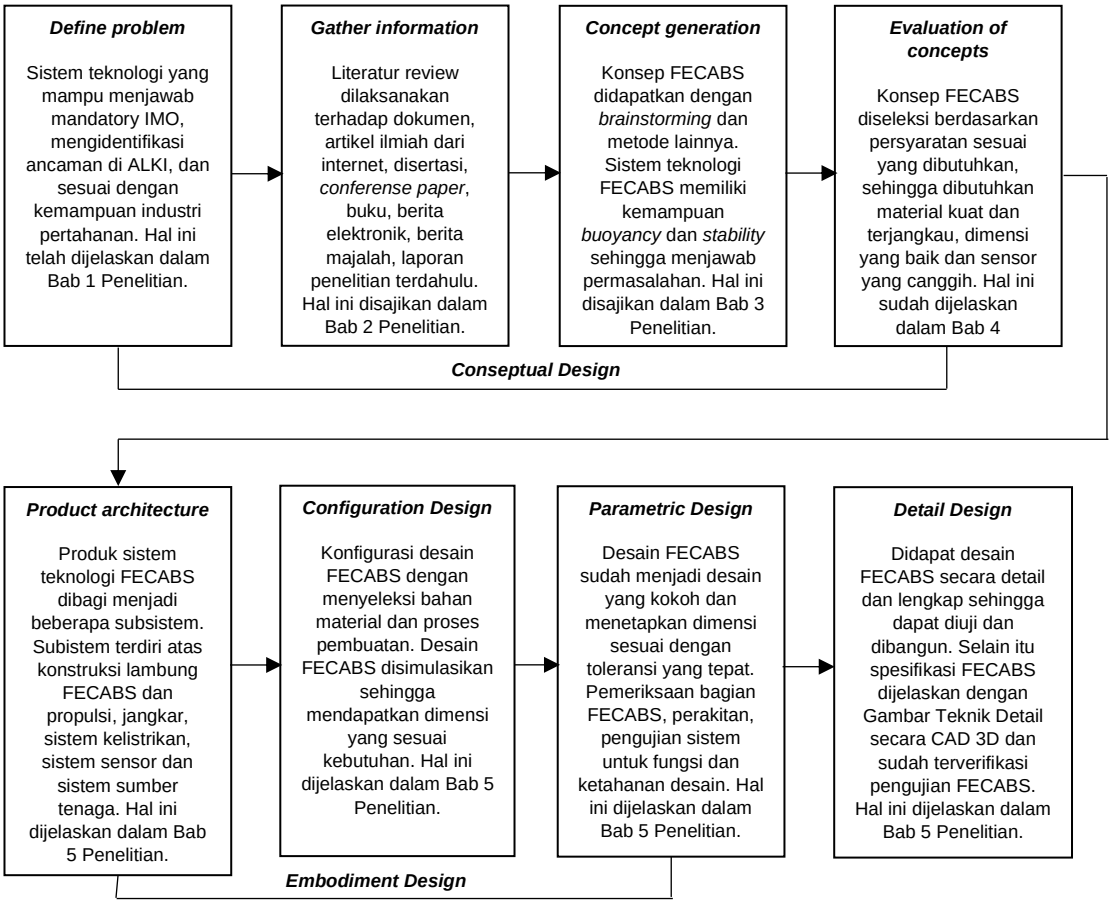
5.1 Gambaran Umum Desain FECABS

Proses desain FECABS dilakukan dengan beberapa tahapan, diawali dengan *preliminary design. Preliminary design* merupakan suatu tahapan perhitungan yang dilakukan dalam merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur, perkiraan dimensi struktur awal FECABS. Perhitungan dilakukan untuk memperoleh dimensi yang efisien, stabilitas daya apung dan kuat. Dimensi-dimensi yang dihitung pada *preliminary design* antara lain diameter lambung, tinggi, sarat air, *gross tonnage,* dan kebutuhan *battery. Preliminary design* FECABS dibangun dengan mengacu pada referensi *United Nation - Food and Agriculture Organization* (FAO) untuk pembangunan *Ferrocement Fishing Boat,* juga mengikuti klasifikasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) atau dengan Badan Klasifikasi lainnya. Selain itu *Preliminary design* FECABS juga mempertimbangkan ketentuan Pemerintah yang berlaku, yaitu:

1. Peraturan Keselamatan Kapal berdasarkan IMO
2. Peraturan Pengukuran Kapal
3. Peraturan-peraturan lain yang berlaku untuk wahana ini.

Preliminary design FECABS dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode Dieter dan Schimdt. Hal ini sesuai pernyataan Jupriyanto yang menyatakan bahwa FECABS dapat didesain dengan menggunakan Metode Dieter & Schimdt. Metode Dieter dan Schimdt menjelaskan tiga fase pertama dalam proses desain yaitu desain konseptual (*conceptual design*), desain perwujudan (*embodiment design*) dan desain detail (*detail design*). Desain konseptual adalah proses yang dilakukan ketika mulai hingga ke titik tertentu dalam menciptakan sejumlah solusi dan dipersempit menjadi satu konsep terbaik. Desain perwujudan merupakan pengembangan terstruktur dari konsep desain yang menjalankan fungsi utama dari produk. Pada fase ini, desain menentukan

kekuatan, pemilihan material, ukuran, bentuk dan kompatibilitas spasial. desain detail merupakan fase suatu desain menuju ke tahap deskripsi teknik secara lengkap dari produk yang diuji dan dapat diproduksi. Desain detail mencakup pengaturan bentuk, dimensi, toleransi, permukaan properti, material, dan proses manufaktur dari setiap bagian. Dalam penelitian ini metode Dieter dan Schimdt akan diterapkan dan disajikan alurnya dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Desain FECABS dengan Model Dieter dan Schimdt

Sumber: diolah oleh peneliti

Peneliti akan menjabarkan masing-masing tahapan *preliminary design* sesuai Model Dieter & Schmidt yang terbagi dalam beberapa sub bab berikutnya.

5.2 Hasil Pengumpulan Data Desain FECABS

Mengacu pada Model Dieter dan Schmidt, berbagai dikumpulkan untuk keperluan desain FECABS. Hal ini, diuraikan dalam fase *conseptual design*. Sedangkan untuk hasil desain FECABS, dijabarkan dalam fase *embodiment design.* Fase *conseptual design* dengan *embodiment design* dikenal dengan *preliminary design*. Setelah proses iterasi dalam kedua fase tersebut sudah dinyatakan selesai, maka *detail design* mulai dibuat.

5.2.1 *Conceptual Design* FECABS

Dalam desain konseptual dijelaskan bahwa proses di mana desain dimulai, diciptakan sejumlah solusi yang mungkin, dan dipersempit menjadi satu konsep terbaik, terkadang disebut studi kelayakan. Desain konseptual adalah fase yang membutuhkan kreativitas terbesar, melibatkan paling banyak ketidakpastian dan memerlukan koordinasi di antara banyak fungsi dalam organisasi. Langkah-langkah dalam desain konseptual di antaranya *define problem, gather information, concept generation* dan *evaluation of concepts.*

a. *Define Problem*

Pendefinisian masalah (*define problem*) sudah dijelaskan dalam Bab 1 Penelitian. Dalam Bab tersebut diterangkan bahwa sistem teknologi FECABS dapat digunakan oleh pengguna seperti TNI AL, BAKAMLA, POLAIRUD, KPLP dan KEMHAN. FECABS diciptakan atas dasar permasalahan dalam perairan Indonesia, seperti ancaman seperti kapal yang melakukan kejahatan dan pelanggaran yang melewati *choke point* serta jalur ALKI. Juga ancaman *unmanned system* dari negara lain dapat berupa *sea glider*, USV dan sebagainya. Permasalahan lainnya adalah belum terintegrasinya *unmanned border patrol system* untuk perbatasan laut di Indonesia.

b. *Gather Information*

Pengumpulan informasi (*gather information*) sudah dijelaskan dalam Bab 2 Penelitian. Informasi secara luas sudah diperoleh dari berbagai sumber mulai dari landasan teori yang berkaitan dengan FECABS seperti kedaulatan, keamanan maritim, sistem pertahanan negara di laut, rancang bangun, *ferrocement*, *buoyancy*, *buoy system*, *unmanned system*, *maritime border patrol*, sonar, radar dan lainnya. Peneliti juga mengumpulkan berbagai penelitian terdahulu yang relevan dengan FECABS.

c. *Concept Generation*

Dalam Bab 3 sudah dijelaskan konsep FECABS dihasilkan melalui berbagai metode yang peneliti gunakan seperti *brainstorming,* FGD, wawancara, dan sebagainya. Dihasilkan teknologi FECABS yang memiliki kemampuan *buoyancy* dan *stability* yang baik untuk menjadi wahana dari sensor-sensor sehingga mampu menjawab permasalahan yang ada.

d. *Evaluation of Concepts*

Peneliti melakukan evaluasi konsep desain dengan memodifikasi FECABS yang diseleksi berdasarkan persyaratan sesuai yang dibutuhkan. Hal ini sudah peneliti uraikan dalam Bab 4 Penelitian. Diputuskan bahwa FECABS menggunakan material yang kuat, terjangkau, mudah didapatkan seperti semen, material ringan seperti alumunium dan mempertimbangkan berbagai *operational requirement* dari calon pengguna. Setelah melalui berbagai iterasi dalam konsep desain, sehingga diputuskan FECABS memiliki suprastruktur dari aluminium dan *hull* FECABS dari *ferrocement* yang memiliki dimensi tertentu disesuaikan keadaan transport dan jalan raya dilengkapi berbagai sensor canggih untuk memonitoring objek sesuai permasalahan yang dihadapi.

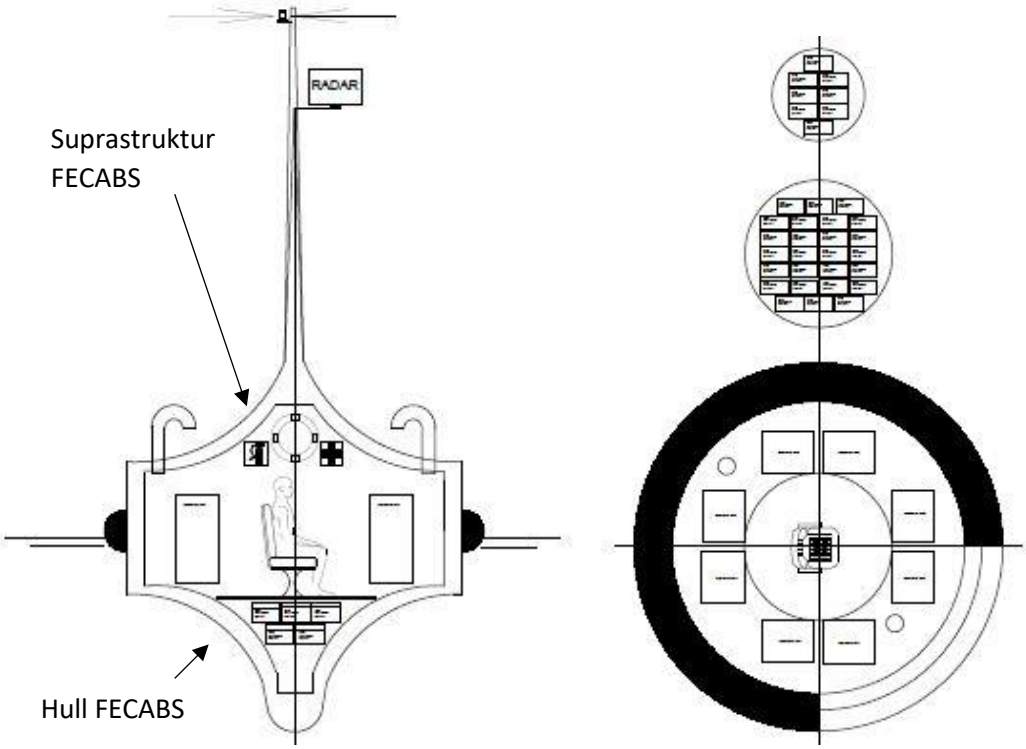
5.3 Hasil Desain FECABS

Menurut Model Dieter & Schimdt pada fase *embodiment design,* pengembangan terstruktur dari konsep desain terjadi pada fase desain

teknik ini. Perwujudan dari semua fungsi utama yang dipilih harus dilakukan. Dalam fase *embodiment design* FECABS, keputusan dibuat menyangkut kekuatan, pemilihan material, ukuran, bentuk, dan kompatibilitas spasial, berkaitan dengan tiga hal utama yaitu arsitektur produk (*product architecture*), desain konfigurasi (*configuration design*), dan desain parametrik (*parametric design*).

5.3.1 *Product architecture*

Dalam *product architecture* diperoleh gambaran pra konsep atau gambar *sketch* dari FECABS yang didapatkan dari berbagai informasi seperti FGD, wawancara, dan sumber lainnya. Arsitektur FECABS tersusun dari bagian atas dan bawah. Bagian atas berupa suprastruktur dari FECABS yang menjadi tempat berbagai sensor seperti radar, AIS, cuaca, *solar panel*, *wind tunnel* dan pintu masuk. Di bagian bawah merupakan *hull* lambung dari FECABS yang terbuat dari *ferrocement* yang manjadi tumpuan utama dari FECABS sebagai *platform* untuk operator *maintenance*, sistem kelistrikan, dan sistem sumber tenaga. *Product architecture* dari FECABS dapat dilihat di bawah ini.

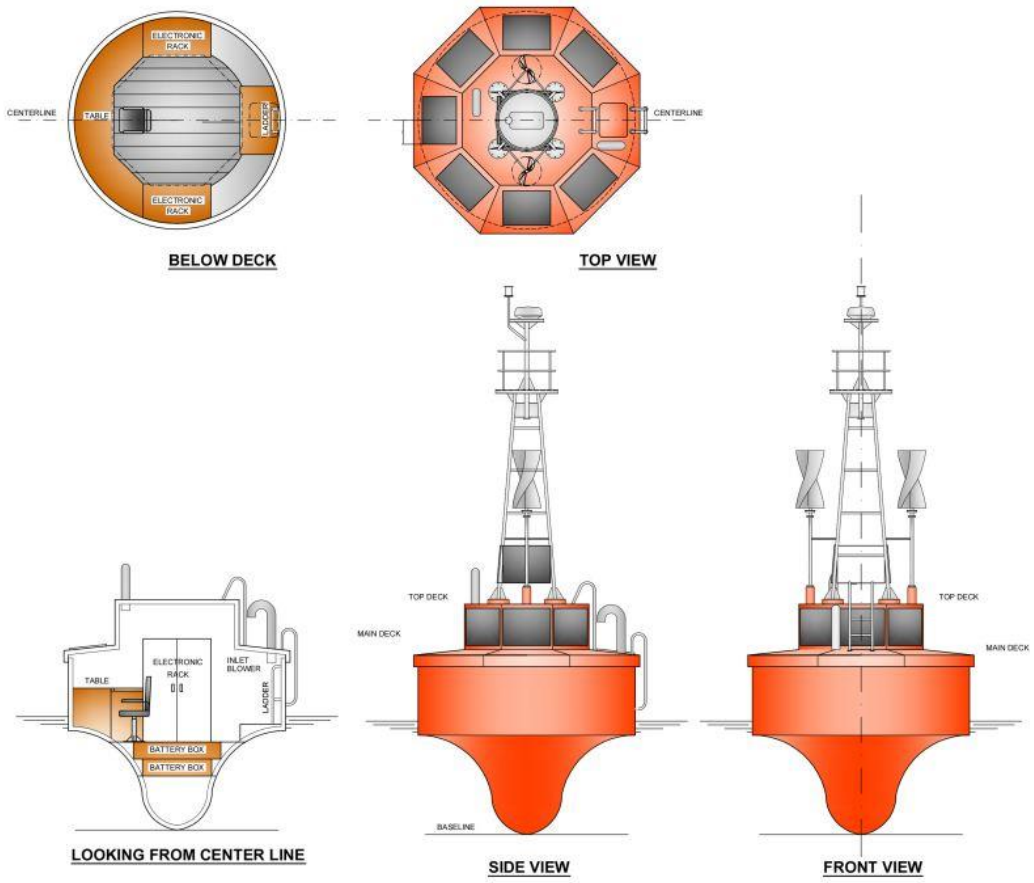


Gambar 5.2 *Product Architecture* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

5.3.2 *Configuration Design*

Dalam *configuration design,* peneliti mulai menguraikan lanjutan dari *product architecture* menjadi bentuk yang sudah diperhitungan dan telah menentukan material FECABS. Peneliti ditahap ini sudah melakukan berbagai diskusi untuk menentukan material yang tepat untuk FECABS. Material dan bentuk untuk antena (*mast*) sebagai *platform* dari sensor. Sumber energi dan penempatannya di *platform* sudah mulai ditentukan. Penempatan pintu masuk, saluran udara sudah dipilih, interior dan penempatan *battery* dan alat-alat listrik sudah digambarkan konfigurasi umum didapat dalam fase ini.



Gambar 5.3 *Configuration Design* FECABS (iterasi 1)

Sumber: diolah oleh peneliti

5.3.3 *Parametric Design*

Dalam *parametric design,* dilakukan pengembangan konfigurasi, penetapan dimensi dan sistem yang melengkapi FECABS seperti sistem sensor, sistem kelistrikan dan sistem sumber tenaga FECABS.

a. Dimensi FECABS

Sistem teknologi FECABS memiliki dimensi yang desainnya dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan. Penelitian ini juga menekankan berbagai dimensi FECABS supaya memiliki kemampuan *buoyancy* dan *stability* yang baik saat dipasang di tengah perairan ALKI. Dimensi FECABS tersebut di antaranya diameter lambung, tinggi, sarat air, *gross*

tonnage, volume, dan *battery*. Masing-masing dimensi ini dirancang sesuai standar dan batasan yang telah ditentukan dengan mempertimbangkan *buoyancy* dan stabilitas FECABS.

Diameter lambung dibatasi 4 m karena memperhitungkan mobilisasi dari *workshop* ke galangan yang masih dapat dilewati melalui jalan serta memudahkan dalam penempatan panel surya dan lainnya. Tinggi lambung dibuat 3,42 m karena mempertimbangkan ketinggian orang saat berada didalam FECABS. Tinggi tiang (*mast*) dibuat 6 m karena mempertimbangkan hasil simulasi radar hingga mencapai 8 m diatas permukaan air. *Gross tonnage* diatur kurang dari 6 ton agar mempermudah peneliti menghadapi aturan BKI. Sarat air dibuat sebesar 1,1 m agar lebih praktikal dengan pertimbangan stabilitas yang ideal. Berikut peneliti sajikan beberapa dimensi FECABS dalam bentuk Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Desain Dimensi FECABS

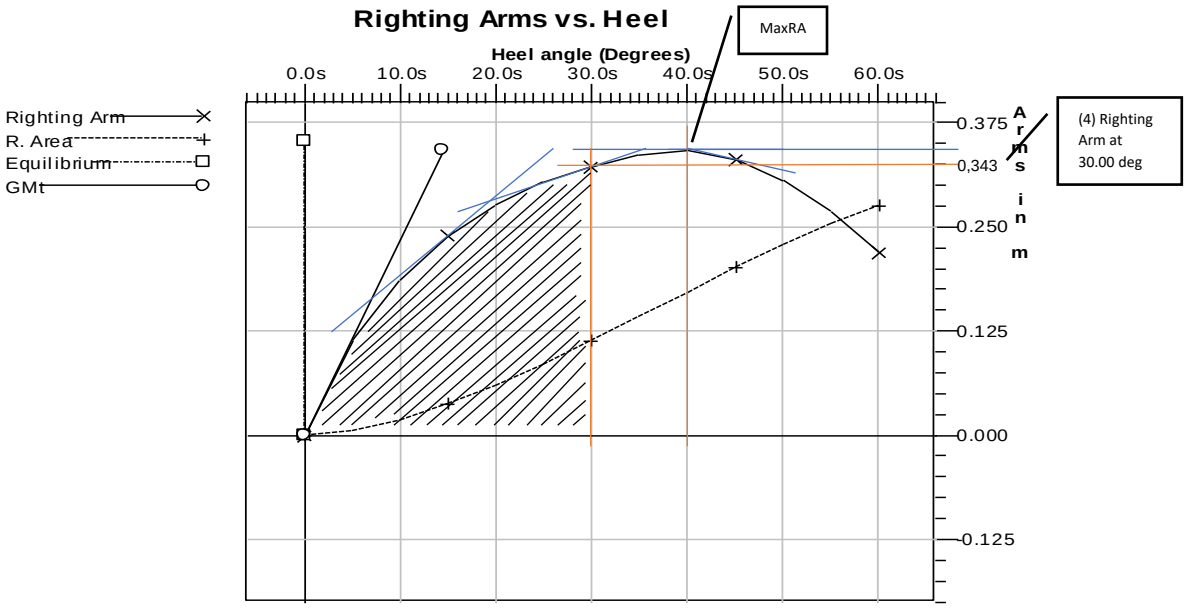
No.	Dimensi FECABS	Nilai Dimensi FECABS
1.	Diameter Lambung (*Hull*)	4 m
2.	Tinggi Lambung (*Hull*)	3,42 m
3.	Tinggi Tiang (*Mast*)	6 m
4.	Sarat Air	1,1 m
5.	Estimasi *Gross tonnage*	< 6 ton
6.	Volume	40 m^3
7.	*Battery*	*marine battery deep cycle*

Sumber: diolah oleh peneliti

FECABS juga dilakukan perhitungan stabilitas melalui program komputer yaitu Maxurf. Selanjutnya diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5.2 Perhitungan Stabilitas FECABS

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.113	0.058	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0900 m-R	0.171	0.081	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0300 m-R	0.059	0.029	Yes
(4) Righting Arm at 30.00 deg or MaxRA	>0.200 m	0.343	0.143	Yes
(5) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	40.00	15.00	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.362	1.212	Yes



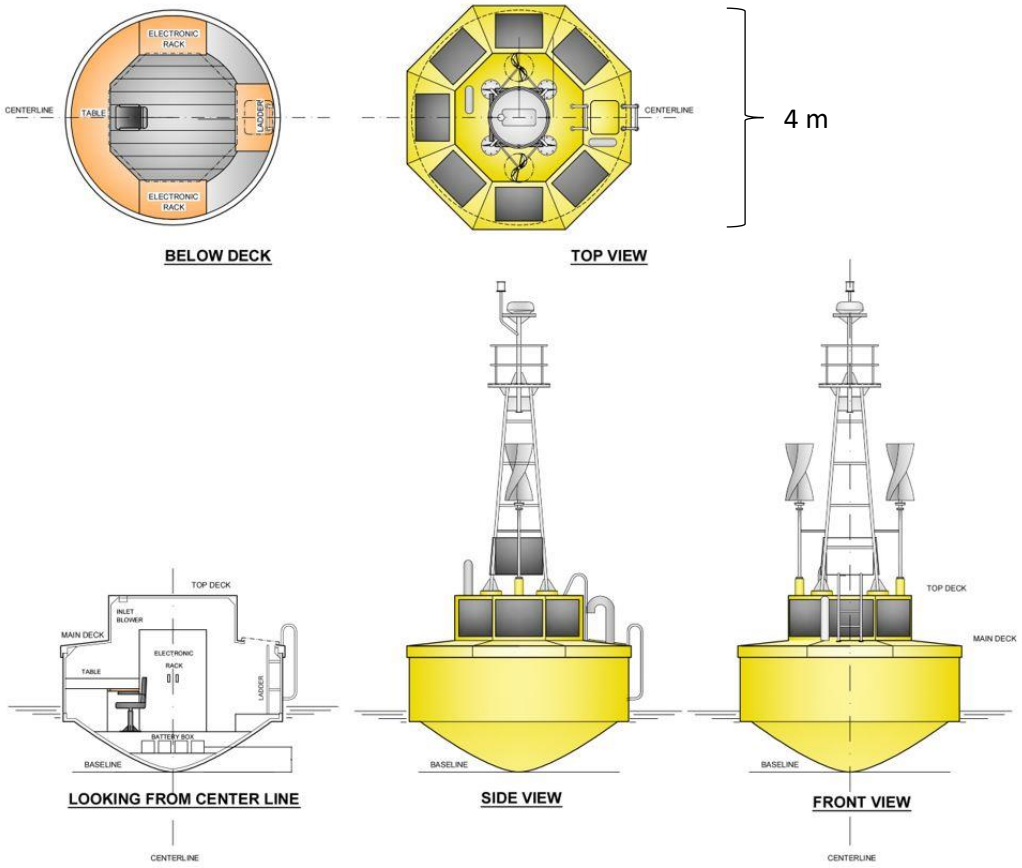
Gambar 5.4 Kurva Stabilitas FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Membaca Tabel 5.2 dan Gambar 5.4 menjelaskan bahwa hasil perhitungan menunjukkan area no 0 derajat hingga 30 derajat poin (1) pada Tabel 5.2 yang menghasilkan data aktual sebesar 0,113 m sedangkan batas minimum dari ketentuan IMO 0,0550 m sehingga margin atau selisih perhitungan dan standar minimum sama dengan 0,058 m artinya ini memenuhi kriteria sehingga bisa dikatakan pass atau lulus, begitu pula di poin (2) dari Tabel 5.2 dengan menunjukan cara yang sama margin masih

positif sebesar 0,081 m artinya juga memenuhi kriteria. Untuk poin (3) berlaku sama margin positif sebesar 0,029 dan artinya memenuhi kriteria. Untuk poin (4) nilai dari *righting arm* di 30 derajat menurut IMO harus diatas regulasi IMO sebesar 0,02 m. Untuk poin (5) berada di 40 derajat maksimal yang merupakan titik keseimbangan FECABS. Untuk poin (6) berada di Berdasarkan perhitungan yang dilakukan terhadap kestabilan FECABS hasilnya menunjukkan masih dalam batas kewajaran di titik dengan gradien (dy/dx) positif pada kurva di gambar atau artinya FECABS masih stabil dengan kemiringan tersebut. Gradien pada kurva negatif artinya tidak stabil. Namun masih perlu dilakukan pemilihan material ulang sehingga membuat FECABS menjadi lebih stabil. Terkait perhitungan, peneliti sajikan secara lengkap pada bagian Lampiran 10. Peneliti memperhatikan bahwa suprastruktur FECABS terbuat dari *ferrocement* menambah besar kestabilan. Alternatif yang peneliti lakukan selanjutnya mengganti bagian suprastruktur FECABS menjadi aluminium yang awalnya didesain memakai besi.

FECABS dalam bentuk gambar 2D menggunakan *software Autocad* berdasarkan hasil desain dimensi disajikan di bawah ini.



Gambar 5.5 Dimensi FECABS (iterasi 2)

Sumber: diolah oleh peneliti

b. Subsistem Sensor FECABS

Subsistem sensor FECABS terdiri atas beberapa instrumen yang melekat berada diatas permukaan dan dibawah air. Sensor tersebut memiliki fungsi masing-masing dalam menjawab ancaman yang dapat diatasi FECABS. Instrumen FECABS ini ditempatkan di posisi tertentu agar dapat berfungsi dan memberikan informasi yang jelas. Instrumen FECABS ini meliputi radar, kamera, sonar, AIS, radio, radio telemetry, dan instrumen cuaca. Masing-masing instrumen memiliki kriteria tersendiri dalam menunjang kemampuan FECABS seperti pemantauan, pemeriksaan, pengamatan dan komando pengendalian.

c. Subsistem Listrik FECABS

Sumber listrik dari sistem teknologi FECABS berasal dari *battery* dengan tegangan sebesar 12 V. *Battery* tersebut dikelompokkan menjadi dua instalasi listrik yaitu *battery* sebagai sumber listrik utama dan sebagai sumber listrik darurat. Instalasi listrik utama (2 *battery*) dan instalasi listrik darurat (2 *battery*) menggunakan total 4 *battery* dengan kapasitas masing-masing 12 V 200 AH. Instalasi listrik meliputi lampu penerangan dan instrumen lain yang meliputi radar, AIS, lampu navigasi, lampu penerangan dan *spare.* Adapun rancangan kebutuhan listrik per hari dari FECABS disajikan pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Kebutuhan listrik per hari dari FECABS

No	*Device*	*Nominal Output*	*Usage Duration per day*	*Consumtion per day (Wh/d)*
1.	*Radar Garmin*	14	24	336
2.	*Ais Transponder Haiyang ST-1212 CFA*	4	24	96
3.	*Ais Receiver Haiyang ST-1212 CFA*	4	24	96
4.	*Blower with timer*	16	5	80
	Total Consumtion Per Day			**608**

Sumber: diolah oleh peneliti

d. Subsistem Sumber Tenaga FECABS

Sistem teknologi FECABS dilengkapi dengan *Solar Panel* dan *Wind Turbine* untuk menghasilkan listrik yang dipakai sebagai sumber daya listrik pada peralatan elektronik yang dipasang pada FECABS. Pengisian daya listrik dari solar panel dipantau dengan MPPT *solar controller*. Sumber daya listrik ini disimpan pada *battery. Battery* yang digunakan terdiri dari 2 buah *battery* dengan kapasitas masing-masing *battery* sebesar 12V 200 AH ekuivalen dengan 2400 Wh. *Solar Panel* yang digunakan pada FECABS terdiri dari 17 unit dengan nominal *power* sebesar 80 Wh. *Wind Turbine* yang digunakan pada FECABS memiliki *rated power* sebesar 300 Wh.

Perkiraan pasokan sumber daya FECABS ini dalam sehari disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Pasokan sumber daya untuk FECABS per hari

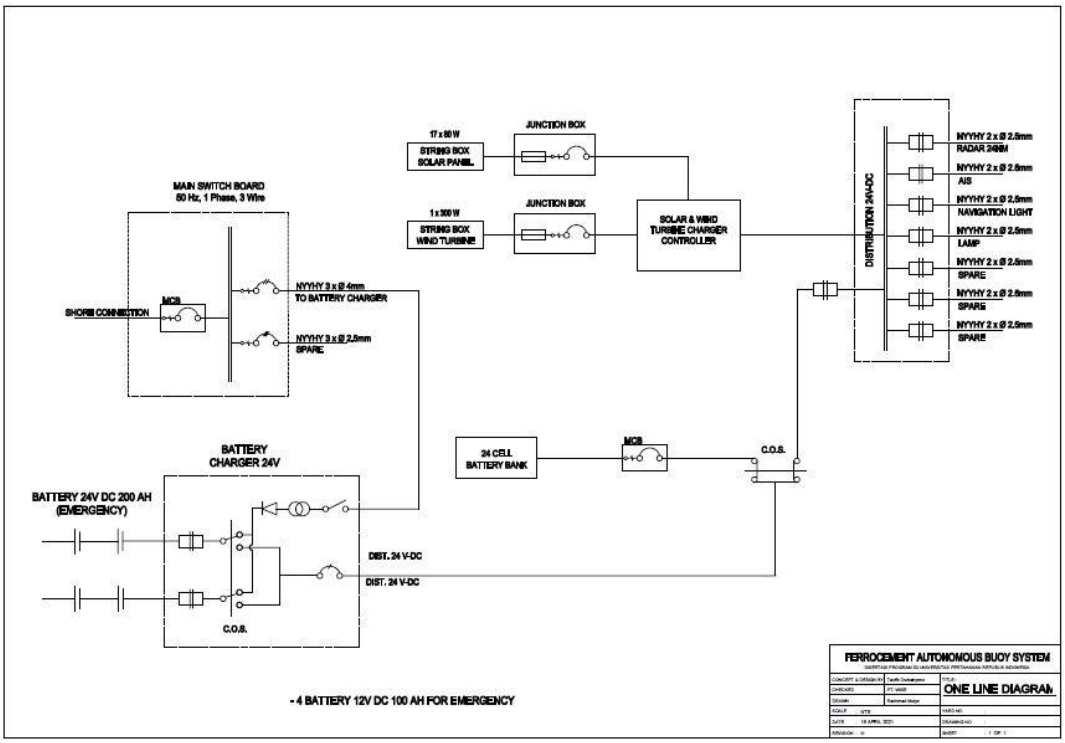
No	*Tipe*	*Estimazing Panel Output*	*Number of panel*	*Nominal power (PW)*	*Daily Yield in summer (Wh/d)*	*Summary Daily Yield in summer (Wh/d)*
1	MY80	80%	7	80	480	2688
2	MY80	50%	7	80	480	1680
3	MY80	50%	3	80	480	720
4	*Wind Turbine*	50%	1	300	300	150
	Total Output power per Day					**5088**

Sumber: diolah oleh peneliti

Jumlah *battery* yang diperlukan dipasang = 5088/2400

= 2,12 ≈ 2 *Battery*

Skema jalur listrik pada FECABS yang bersumber dari *battery* menggambarkan pendistribusikan untuk masing-masing sensor seperti radar, AIS, lampu navigasi, juga hubungannya dengan *solar panel* dan *wind turbine charger controller* melalui *junction box.* Berikut peneliti sajikan gambar skema jalur listrik di bawah ini.



Gambar 5.6 Skema Jalur Listrik pada FECABS

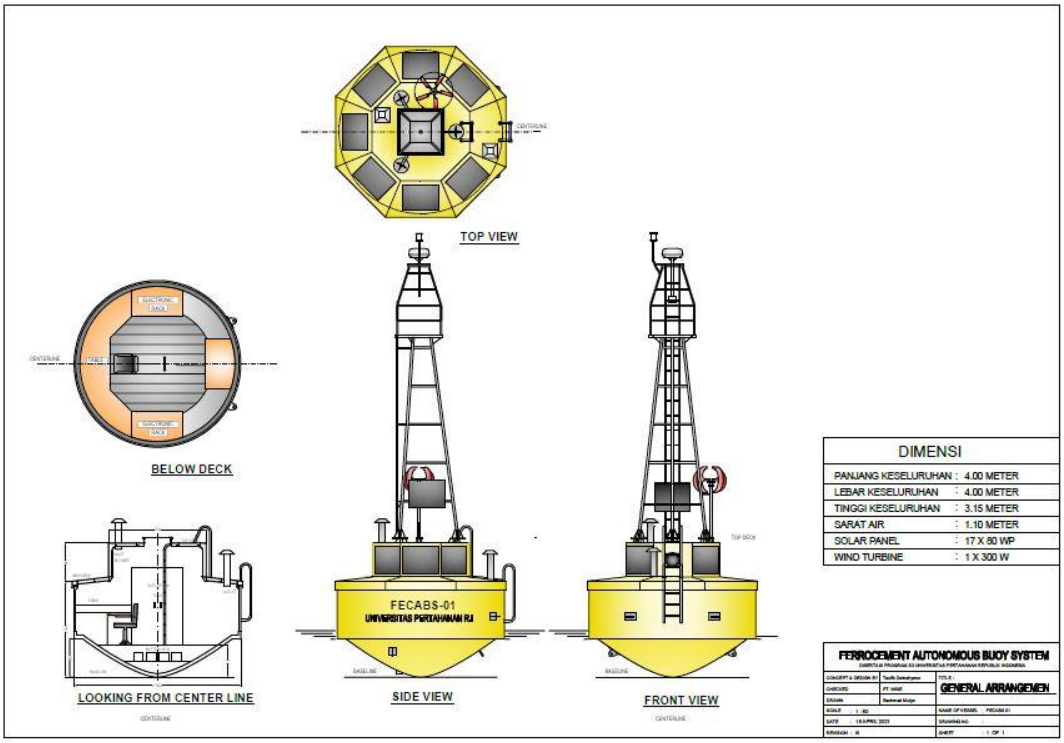
Sumber: diolah oleh peneliti

5.3.4 *Detail Design*

Detail design adalah gambar yang siap di bangun dan sudah terperinci dan mempertimbangkan berbagai faktor yang mendukung fungsi FECABS. Detail desain menggunakan CAD untuk mempermudah proses pembangunan FECABS menghasilkan dokumen gambar teknik siap untuk melanjutkan proses pembangunan FECABS. Semua parameter penting dari FECABS sudah dipastikan.

Dari gambar *detail design* kemudian dipecah menjadi gambar komponen-komponen yang dipersiapkan untuk membangun komponen FECABS dalam waktu bersamaan termasuk penyusunan *bill of material.* Spesifikasi FECABS sudah terperinci diperbarui dengan perubahan yang dibuat sejak fase desain konseptual melalui proses iterasi. Dari gambar *detail design* dan *bill of material* disusun Rencana Anggaran Biaya (RAB)

untuk kemudian proses *design* selesai, dilanjutkan proses pembangunan. *General Arrangement* dari FECABS dan design komponen di tampilkan dalam Gambar 5.7 – 5.13 di bawah ini.



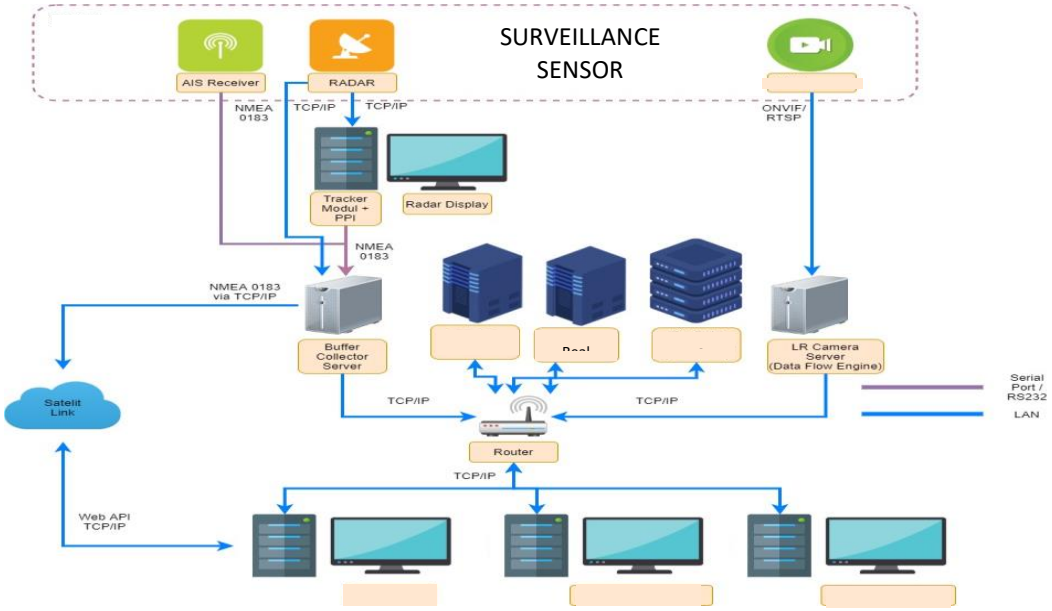
Gambar 5.7 *General Arrangment* FECABS (iterasi 3)

Sumber: diolah oleh peneliti

5.3.5 Desain Sistem Komunikasi Data FECABS

Sistem komunikasi data yang dirancang untuk FECABS dalam penelitian ini dilakukan agar FECABS dapat mengirimkan data yang didapat di lokasi penempatan seperti pinggir pantai, *choke point* atau di tempat operasi lainnya. Pemanfaatan FECABS sebagai *virtual gate* yang ditempatkan pada *choke point* atau selat, sistem komunikasi data dapat menggunakan jaringan GSM/3G/4G karena dekat dengan daratan. Pemanfaatan FECABS sebagai marka di laut atau pagar perbatasan dengan negara asing maka sistem komunikasi data dapat menggunakan jaringan satelit.

Komunikasi data penelitian ini hanya memberikan pembuktian bahwa sistem yang dibangun dapat menjalankan fungsinya dengan mengirimkan data ke pusat kendali. Sistem yang dipilih dan tidak masuk dalam penelitian ini, menggunakan sistem komunikasi data yang dikembangkan PT. 247 Solutions. Sistem komunikasi ini dipilih karena PT. 247 Solutions telah mengembangkan dan membuktikan sistem komunikasi data untuk radar yang mereka kembangkan berfungsi dengan baik.



Gambar 5.8 Konseptual Desain Fusi Sensor & Komunikasi

Sumber: PT 247 Solutions

Kesisteman yang digunakan adalah berbasis *Surveillance Framework* dari PT. 247 Solutions yang memiliki fungsi sebagai berikut:

a) Data akusisisi dari Sensor, seperti: *Radar Coastal, Automatic Identification System* (AIS), *Long Range Camera, Direction Finder, Electronic Support Measure* (ESM), *Automatic Weather Station* (AWS), dll. Protokol yang digunakan untuk sensor *marine* adalah NMEA 0183.

b) Fusi Sensor, yang berfungsi melakukan penguatan informasi dari tiap-tiap sensor yang diagregasikan terhadap suatu objek sehingga mendapatkan data yang lebih meyakinkan, informatif, lebih lengkap dan tepat.

c) *Database* untk menyimpan data *Real Time* dan *Time Series* dari tiap-tiap data sehingga dapat dilakukan pengayaan untuk analisa *historical* dan ad hoc.

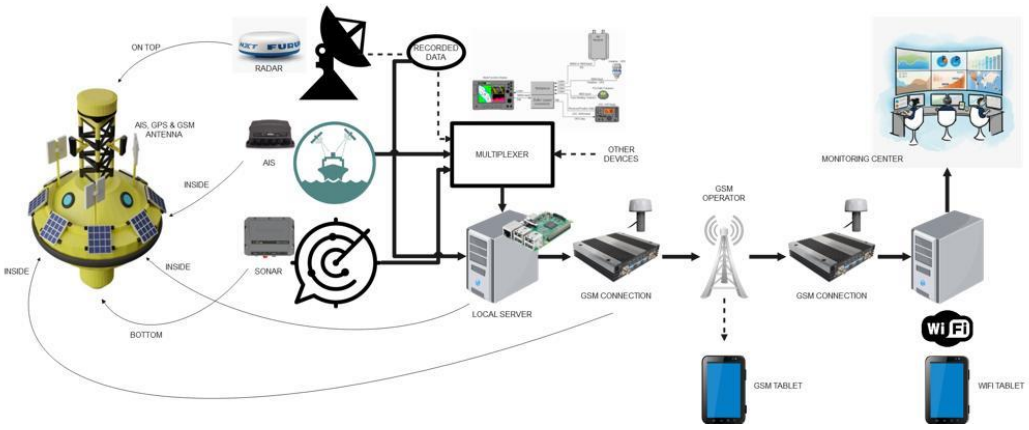
d) Analisa menggunakan Kecerdasan Artifisial (AI) terhadap data *real time* dan data historikal yang dihimpun dalam *database* dan *file* sistem.

e) *Dashboard, Alert, Report* dan *Story Telling.*

f) Penyedia data terhadap *Command Center* di pusat melalui media komunikasi seperti satelit, GSM dan lainnya. Data disediakan melalui mekanisme API yang mendukung protokol seperti: TCP, FTP, HTTP, SNMP, UDP, AMQP, MQTT, dll, dengan format data seperti CSV, JSON, AVRO, PARQUET, ARPA, dll. Kesisteman ini juga mendukung Kafka, dan banyak *database* seperti mySQL, ORACLE, MongoDB, HBASE, Druid, dll.

g) *Security* dengan menggunakan *end-to-end encryption* dan juga dilakukan *white box, black box* serta *interactive test* terhadap *system* serta *code* yang ada untuk menghindari terjadinya data *breach* maupun *hacking* terhadap kesisteman.

h) Dapat dikembangkan untuk sensor-sensor lain karena dikembangkan oleh tenaga ahli sendiri/*local* dengan menggunakan prinsip *Open System* dan pemanfaatan teknologi yang mendukung *Big Data* (*volume, variety, speed*).



Gambar 5.9 Sistem Komunikasi FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar 5.9 menjelaskan bahwa sistem komunikasi FECABS mengadopsi dari sistem komunikasi dari PT 247 Solutions yang sudah dimodifikasi. PT 247 Solutions sudah berpengalaman dalam membuat sistem komunikasi data yang baik dan mudah diaplikasikan. Sistem komunikasi FECABS ini, dibangun dengan berbagai komponen seperti radar, AIS dan Sonar. Semua komponen tersebut memiliki data masing-masing dan semua terhubung dengan *multiplexer*. Baik data AIS dan GPS dalam sistem komunikasi merupakan data primer yang langsung diperoleh dari hasil pemantauan, namun untuk data radar dan sonar memiliki keterbatasan karena tidak bisa diambil data nya sehingga peneliti memanfaatkan data visual dari layar monitor direkam menggunakan kamera dikirimkan persatuan waktu. Hal ini peneliti lakukan karena keterbatasan dalam waktu dan *resources* pengadaan radar dan sonar yang *available* di Indonesia. Untuk itu data radar tetap dapat diaplikasikan pada FECABS dan semua data lainnya terhubung pada *multiplexer.* Selanjutnya dari *multiplexer* data disimpan dalam *local server*, data yang telah tersimpan dapat dikirim dengan koneksi 3G/4G dan dapat diterima pusat kendali yang berada di pinggir pantai atau tempat strategis lainnya. Dengan demikian maka data-data dari FECABS akan tergambar langsung secara *real time* pada monitor sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan jika terjadi pelanggaran di wilayah perairan.

Pada implementasi sistem komunikasi FECABS ini terdapat beberapa komponen yang digunakan adalah:

a. Data akusisisi dari Sensor, untuk: *Automatic Identification System* (AIS) dan Sonar menggunakan protokol *National Marine Electronics Association* (NMEA).
b. Oleh karena data radar dan sonar ideal tidak tersedia, maka digunakan data visual kondisi *real* dan dikirim data ke pusat komando sebagai data dalam bentuk *image*.
c. Multiplexer untuk NMEA digunakan untuk memudahkan akuisisi data dan distribusinya.

d. Data di transmisikan melalui GSM (4G LTE, 4G, 3G maupun GPRS).
e. Aplikasi untuk menampilkan data Radar, AIS menggunakan aplikasi yang ada yang sudah dibangun menggunakan C++ (QT) di atas mesin Linux, dan *web based application* dengan memanfaatkan *Openstreetmap* maupun *Google map*.
f. Aplikasi *mobile* tidak diimplementasikan dalam kesisteman ini, namun ini dapat dikembangkan/dikustomisasi kemudian.
g. Khusus untuk radar, aplikasi menggunakan peta S57/S63 dari Pushidros TNI AL.

5.4 Analisis Desain FECABS

Mengacu pada gambar 5.2, FECABS memiliki tiang antena sebagai penyangga radar dan berbagai sensor lainnya. Gambar tersebut diiterasi ulang dan berkembang dalam *configuration design* yang sudah mulai memperhitungkan kestabilan, pemilihan material yang tepat dan pertimbangan lainnya. Pada gambar 5.3, peneliti pada awal pengembangan bagian suprastruktur memilih tiang antena yang terbuat dari besi dengan ketinggian 7 m. Hal ini didasari untuk memastikan kekokohan struktur dan kestabilan radar dan berbagai sensor lainnya meskipun mendapat dorongan arus dan hempasan gelombang laut yang besar dari kondisi perairan di sekitar *choke point* atau daerah operasi lainnya. Bentuk *hull* FECABS awalnya dibuat sedemikian rupa seperti “dot” agar memiliki *reserve stability* yang baik seperti halnya kapal layar yang memiliki *keel* yang dalam. Gambar 5.3 sudah menunjukkan posisi *solar panel* dan *wind turbine* dipasang menyebar agar tetap balance dan tidak merubah stabilitas. *Solar panel* berjumlah 7 unit dan *wind turbine* berjumlah 1 unit. Bagian dalam FECABS sudah tergambarkan posisi teknisi, meja, rak listrik dan susunan baterai.

(1). Diameter Lambung

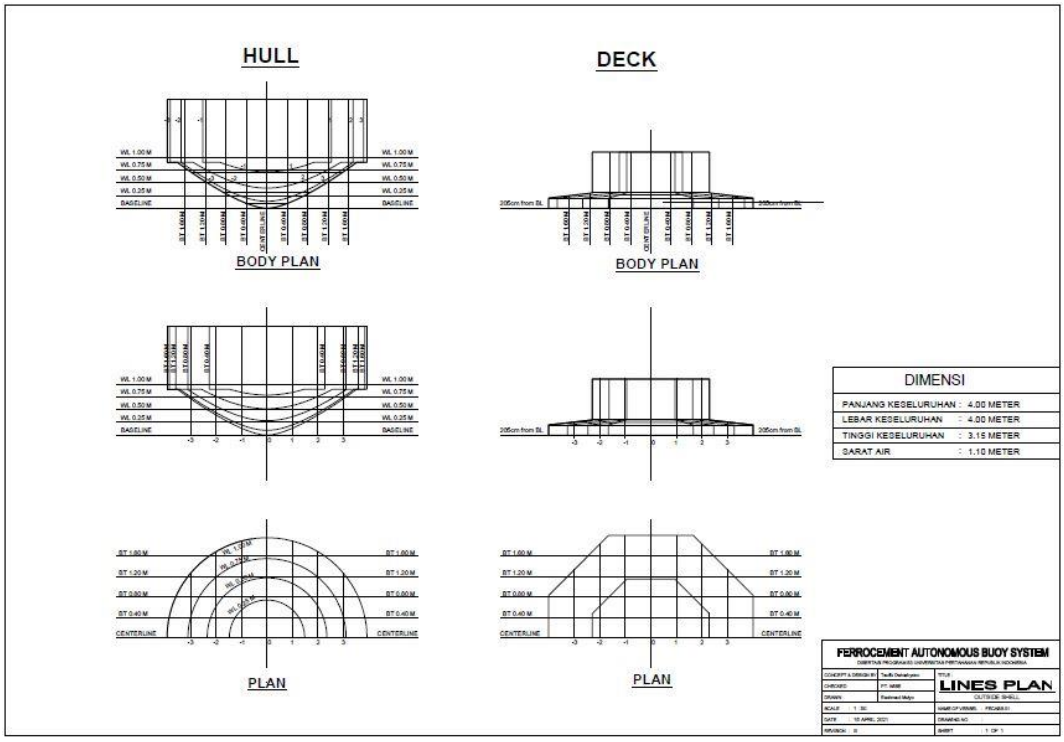
Melalui proses iterasi dalam *configuration design* bentuk *hull* FECABS yang dahulu seperti “dot” dirubah menjadi bentuk mangkuk. Perubahan ini dilakukan karena desain awal memiliki beberapa kekurangan yaitu kesulitan dalam proses pencetakan dan pembangunan FECABS. Kerugian lainnya adalah bentuk “dot” dengan bahan *ferrocement* akan membuat bagian bawah yang berfungsi sebagai bandul akan terisi oleh semen yang mengakibarkan volume dari FECABS menjadi kecil akibatnya *buoyancy* dari FECABS kurang baik. Bentuk lambung FECABS dirubah menjadi *rounded hull* yang lebih mudah dibuat dan menambah volume FECABS. Pemanfaatan *ferrocement* untuk *hull* FECABS akan lebih mudah dibentuk *rounded hull* sekaligus memudahkan pembuatan dan menjaga kekuatan struktur *ferrocement*. FECABS didesain dengan desain *full displacement* dimana sebagian dari *hull* tenggelam di bawah permukaan yang memberi kestabilan karena *center of gravity* nya semakin turun ke bawah. Hal ini dikarenakan FECABS menggunakan teknologi *ferrocement* maka bentuk yang ideal adalah bentuk *rounded* untuk menjaga kekuatan struktur *ferrocement* dan masih memberikan stabilitas yang baik. Lambung FECABS harus memiliki bobot dan ruang yang sesuai agar teknisi mudah memasang dan membongkar instrumen.

Beberapa pertimbangan yang perlu ditekankan dalam merancang diameter lambung FECABS adalah sebagai berikut:

1. Pertimbangan stabilitas, semakin besar diameter lambung FECABS maka lebih stabil menahan gelombang laut.
2. Pertimbangan ruang yang cukup, FECABS didesain memiliki cukup ruang untuk teknisi dapat memasang dan memelihara sistem pendukung FECABS termasuk jaringan listrik, sensor dan lainnya. Ruang yang cukup akan berpengaruh pada volume yang memberikan *buoyancy* yang baik pada FECABS.

3. Pertimbangan proses pembuatan, semakin besar diameter lambung FECABS maka proses pembuatan akan membutuhkan upaya lebih besar.
4. Pertimbangan transportasi, semakin besar diameter lambung FECABS maka proses perakitan, pemindahan FECABS ke laut akan semakin sulit mengingat FECABS dibuat ditempat yang masih membutuhkan transportasi darat.

Berdasarkan pertimbangan di atas, ditentukan diameter lambung FECABS sebesar 4 m.

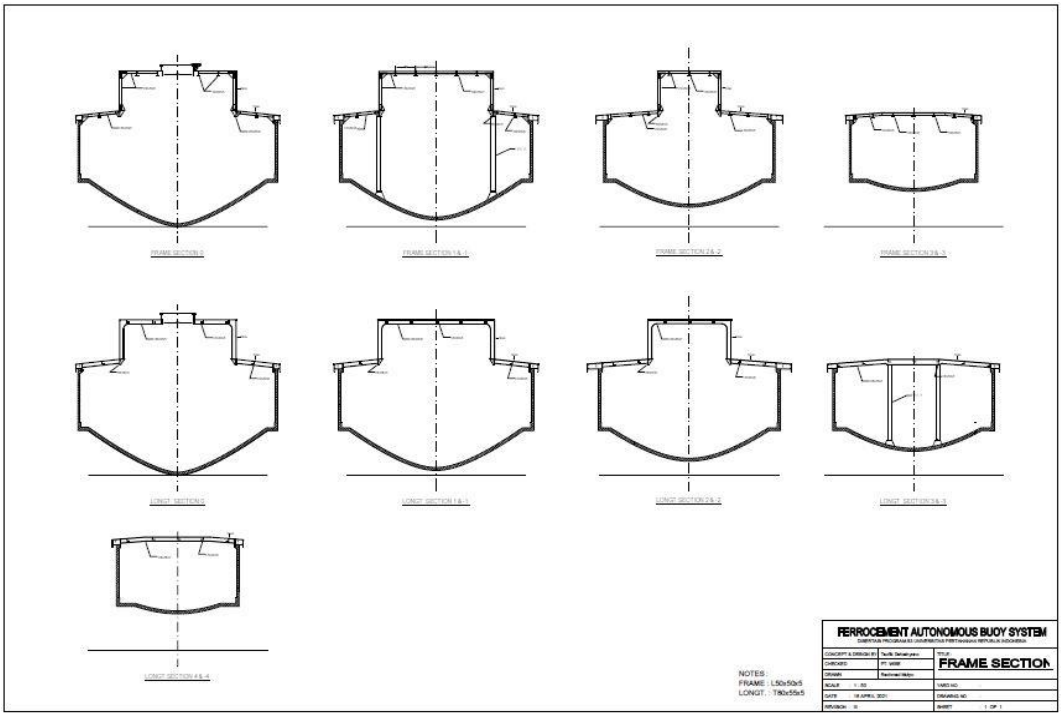


Gambar 5.10 *Lines Plan* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Selain itu, mengacu pada gambar 5.10, FECABS didesain dengan membuat *lines plan* atau rencana garis awal untuk langkah berikutnya dalam merancang FECABS sesuai data yang diperoleh. Perancangan *lines plan* FECABS dibuat melalui objektif yang akan dituju. *Lines Plan* FECABS

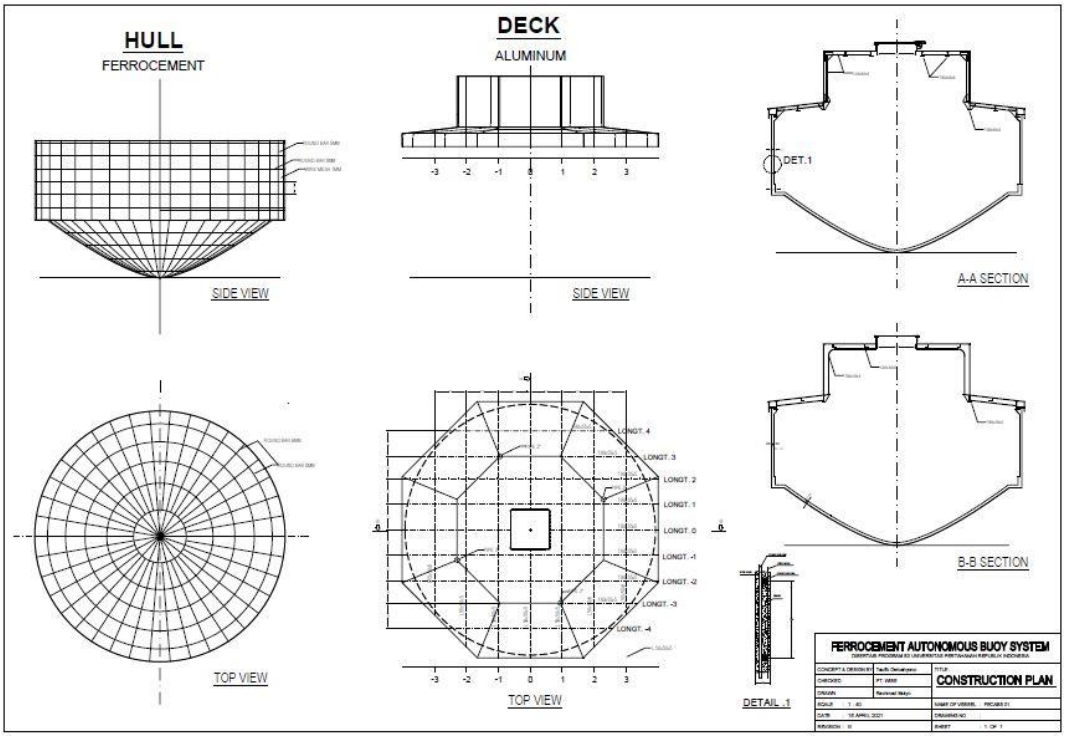
dibagi menjadi dua yaitu *hull* (lambung) dan suprastruktur (bangunan atas). Sarat air FECABS didesain 1,1 m di bawah garis air.



Gambar 5.11 *Frame Section* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

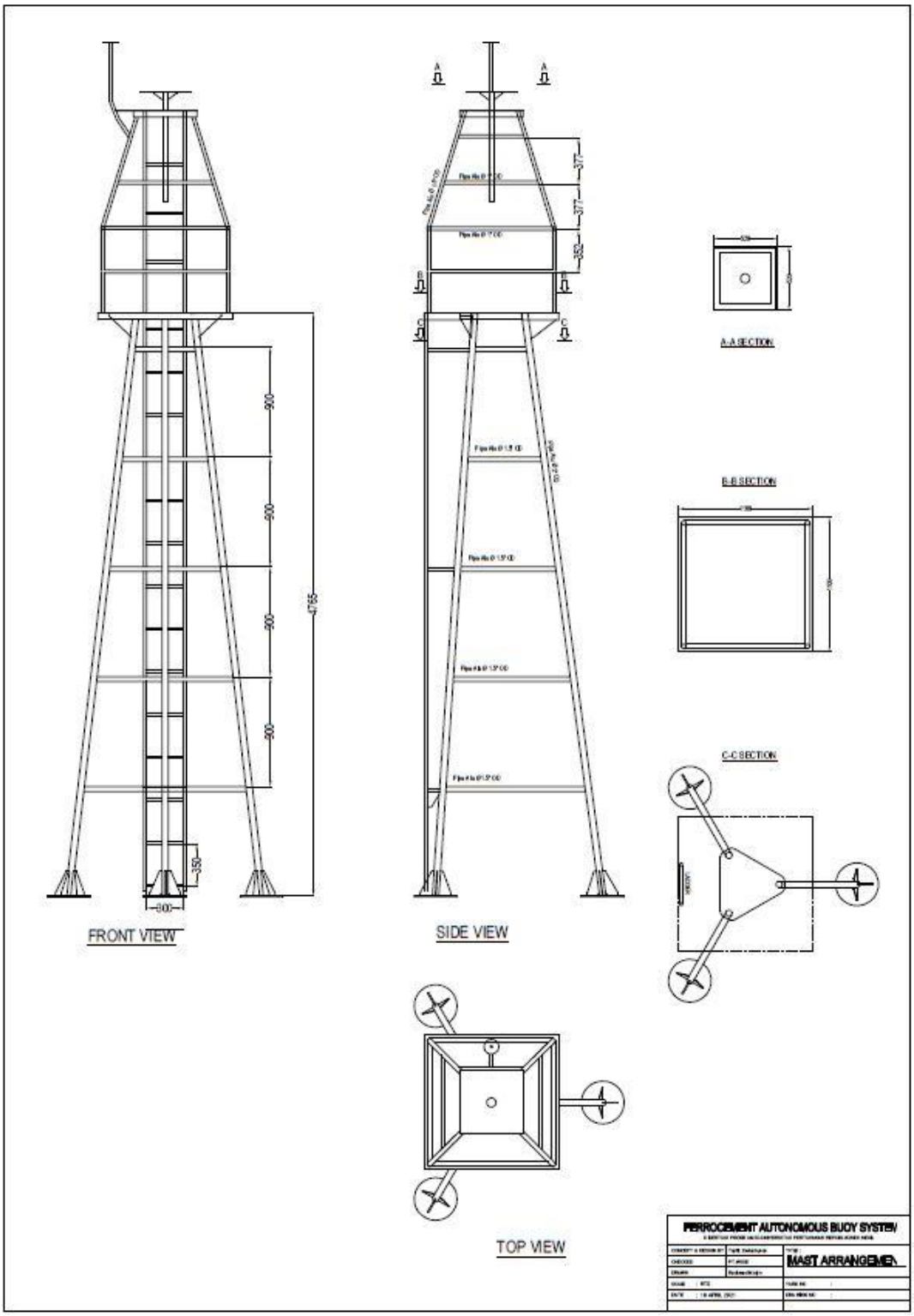
Pada gambar 5.11, FECABS dibagi menjadi beberapa *frame section* yang digunakan dalam pembentukan 3D *shape* FECABS. Pada gambar 5.11, dijelaskan bahwa *hull* FECABS terbuat dari *ferrocement* yang diisi oleh tulangan kawat yang mengelilingi bagian *hull* FECABS. Suprastruktur FECABS terbuat dari aluminium yang berbentuk octagonal sehingga secara struktur menambah kekuatan dan memberi kemudahan dalam proses konstruksi FECABS. Suprastruktur yang berbentuk *octagonal* supaya memudahkan proses pembuatan dan juga sebagai tempat dari solar panel.



Gambar 5.12 *Construction Plan* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

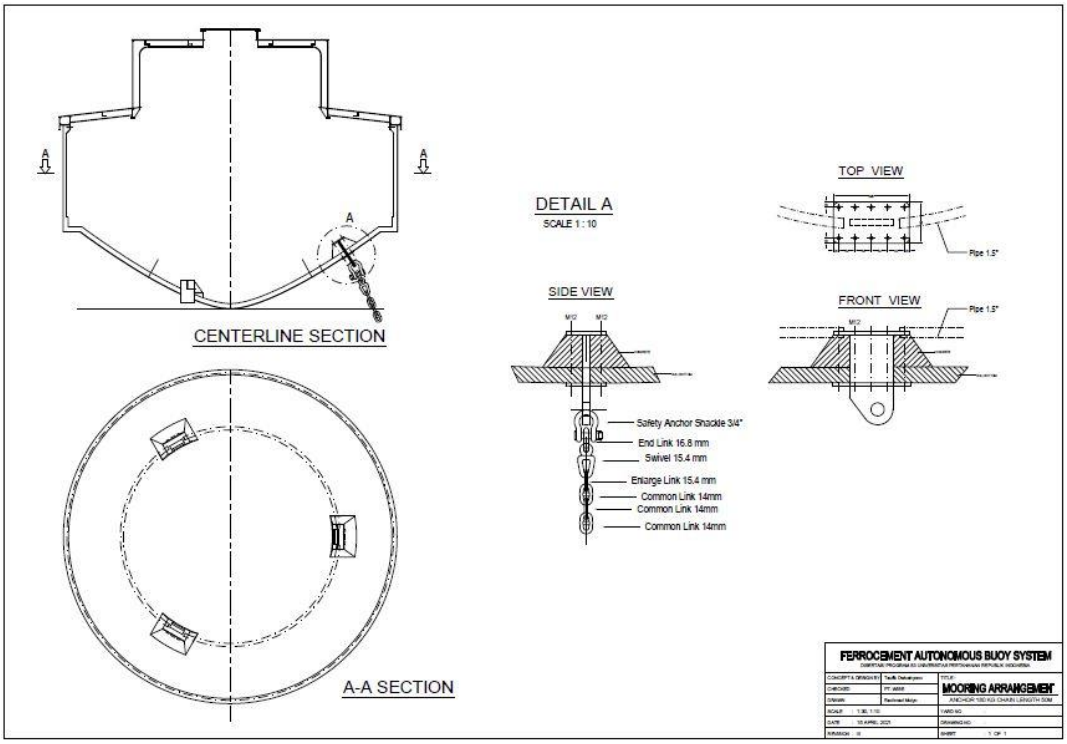
Dari *top view* gambar 5.12 terlihat ada celah antara hull FECABS dan suprastruktur saat diintegrasikan. Celah tersebut akan diisi *sealant* untuk menambah kebocoran FECABS dari masuknya air laut.



Gambar 5.13 *MAST Arrangement* FECABS
Sumber: diolah oleh peneliti

MAST dibuat dengan ketinggian 6 meter (Gambar 5.13) sesuai jangkauan radar wilayah *choke point.* Walapun lebar *choke point* berbeda-beda, masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan antena *extension* pada *mast* yang memberikan jangkauan lebih dari radar. *Mast* didesain menggunakan material aluminium yang memiliki struktur tahan korosi serta lebih ringan dibandingkan besi sehingga tidak menambah beban FECABS yang mempengaruhi *buoyancy* dan *stability* dari FECABS.

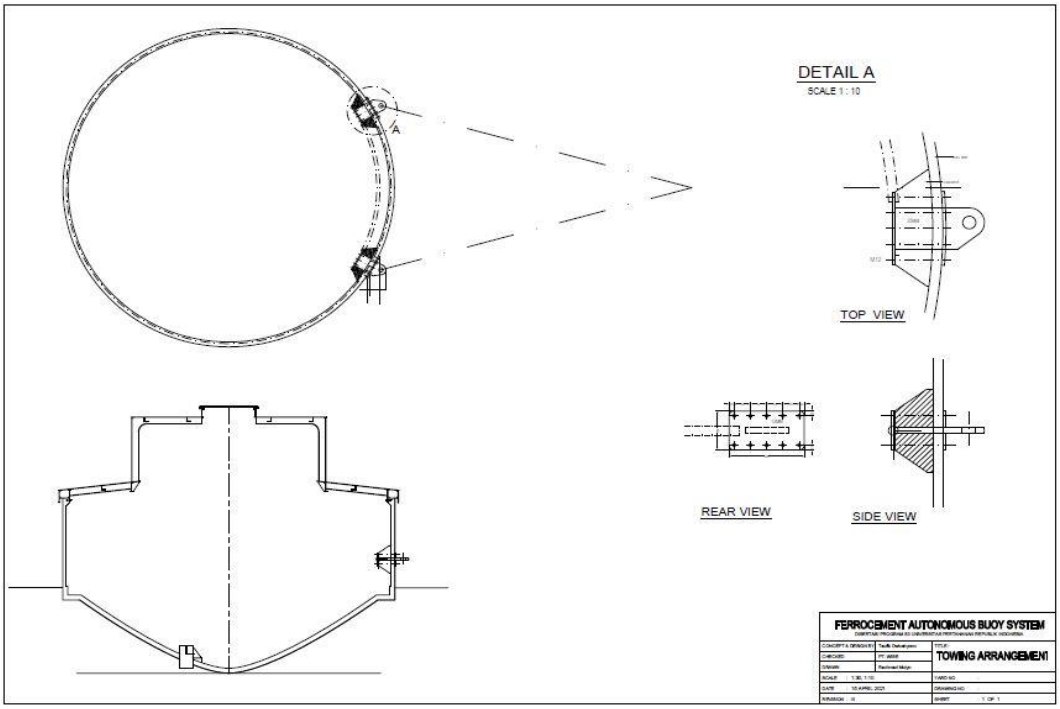
Pada *MAST* FECABS dibuat *stabilizer* yang dipasang pada bagian bawah radar berbentuk bandul sehingga membuat radar jauh lebih stabil. Dengan adanya *stabilizer* akan meningkatkan kestabilan radar dalam mengambil data dan menambah akurasi dari data tersebut. Konstruksi *stabilizer* ini berupa gimbal mekanik yang menggunakan bandul sentrifugal yang dipasang pada *linear motion bearing*. Memasang radar pada *stabilizer* ini dapat menahan gaya yang ditimbulkan gelombang laut sehingga radar tetap dalam posisi horizontal walaupun posisi FECABS terus bergerak mengikuti gelombang laut. Konstruksi *stabilizer* ini bekerja sepenuhnya secara mekanik tanpa menggunakan daya listrik.



Gambar 5.14 *Mooring Arrangement* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

FECABS didesain menggunakan *three point mooring* (Gambar 5.14) Desain disesuaikan kebutuhan saat operasional di *choke point,* penentuan jenis *mooring* ini bertujuan menjaga posisi dan kestabilan FECABS. Posisi *mooring* diletakkan sudah sesuai perhitungan dan memperhatikan kestabilan saat FECABS menerima pengaruh berbagai gaya dari arus laut dan pasang laut. *Three mooring point* di las dan saling terhubung oleh tulangan melingkar yang menyatu pada dinding FECABS. Pada bagian *mooring* juga diberikan *shackle* dengan ukuran 1,5 inchi yang dikaitkan dengan plat besi agar dari tarikan *mooring* tidak serta merta langsung mengenai *hull* FECABS melainkan berbagai pengaruh gaya tersebut diredam oleh *shackle.* Penentuan diameter rantai *mooring* sudah sesuai perhitungan dengan ukuran 22 mm.



Gambar 5.15 *Towing Arrangement* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Dalam gambar 5.15, dijelaskan bahwa *towing bracket* yang digunakan sebanyak dua titik agar FECABS dalam keadaan stabil saat dipindahkan ke titik yang diinginkan. *Towing bracket* tidak langsung menarik *hull* FECABS, melainkan dihubungkan terlebih dahulu menggunakan pelat besi yang disambungkan dengan struktur tulangan besi FECABS. Struktur seperti ini dibuat agar *hull* FECABS tidak mudah hancur saat dimobilisasi untuk ditempatkan pada daerah operasi. Pada bagian A-A *Section* menunjukkan bahwa posisi *towing bracket* ditempatkan di atas sarat air FECABS sehingga memudahkan dan menjaga kestabilan FECABS saat dipindahkan.

Mengacu data pada gambar 5.9, diilustrasikan sistem komunikasi data FECABS yang adopsi dari PT 247 Solutions. Dalam tahap penelitian ini sistem komunikasi data menggunakan signal 3G/4G, karena posisi uji coba masih dipinggir sungai yang masih memiliki jaringan seluler. Data yang dikirim dapat dilihat di luar FECABS.

Berdasarkan analisis desain FECABS yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa konfigurasi FECABS terdiri atas beberapa bagian yang ditampilkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Komponen FECABS

No.	Komponen FECABS	Fungsi FECABS
1.	*Ferrocement hull*	Memberikan struktur apung yang kuat, stabil dan terjangkau
2.	Aluminium suprastruktur	Memberikan struktur yang ringan, tahan korosi, memudahkan pengerjaan dan instalasi pendukung
3.	Tiang (*Mast*)	Menjadi tempat berbagai sensor dan memaksimalkan jarak jangkauan radar
4.	Jangkar	Menjaga kestabilan dan posisi FECABS karena pengaruh gaya di laut
5.	*Solar system*	Menjadi sumber energi terbarukan
6.	*Wind turbine*	Menjadi sumber energi terbarukan
7.	*Stabilizer*	Menjaga stabilitas radar
8.	Radar	Mendeteksi ancaman dari jarak jauh
9.	Sonar	Mendeteksi ancaman bawah permukaan laut
10.	AIS	Mendeteksi ancaman atas permukaan laut
11.	GPS	Mendeteksi lokasi ancaman atas permukaan laut dan FECABS itu sendiri
12.	Radio	Mengirim data informasi FECABS
13.	Komputer	Memproses dan menyimpan data
14.	Instrumen Cuaca (optional)	Mengetahui kondisi alam sekitar FECABS
15.	Baterai (Accu)	Menyimpan sumber energi listrik
16.	*Towing system*	Menjaga stabilitas saat transportasi di laut
17.	Jendela	Mampu meilhat kondisi luar dari dalam
18.	Tangga	Memudahkan teknisi dalam memasang dan *maintenance* sensor
19.	Pipa Sirkulasi Udara	Menjaga suhu ruangan dalam FECABS
20.	Penangkal Petir	Mengalirkan arus listrik petir ke bawah air

21.	Rantai	Menjaga kestabilan dari berbagai pengaruh gaya yang bekerja di laut
22.	Lampu peringatan	Memberikan bantuan navigasi untuk kapal yang melintas
23.	Meja & kursi	Mempermudah teknisi dalam instalasi dan *maintenance*

Sumber: diolah oleh peneliti