

BAB 7

PENGUJIAN *FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM*

7.1 Gambaran Umum Pengujian FECABS

Dalam penelitian ini V-Diagram digunakan sebagai kerangka dalam rancang bangun FECABS, dimulai dari *desain requirement*, proses desain, proses pembangunan dan diakhiri proses pengujian yang akhirnya hasil pengujian akan memvalidasi proses desain. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap sistem teknologi *Ferrocement Autonomous Buoy System* (FECABS) melalui beberapa *test*. Pengujian dilakukan untuk mengkonfirmasi semua proses desain dan pembangunan *buoy*. Berbagai pengujian dilakukan dengan berbagai cara baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung seperti uji dinamis, kebocoran, kekuatan beton melalui coupon, kelistrikan. Secara tidak langsung seperti uji gambar desain *platform* maupun desain kelistrikan, uji desain struktur oleh BKI, dan pengujian fungsi FECABS. Pengujian desain struktur gambar dan desain kelistrikan dilakukan oleh BKI. Perhitungan hidrodinamika, *stability*, *mooring characteristic* paralel dilakukan oleh ITS.

7.2 Hasil Pengumpulan Data Pengujian FECABS

Pengumpulan data untuk pengujian FECABS didapatkan melalui studi literatur untuk tata caranya dan mencatat hasil dalam pelaksanaan pengujian FECABS. Studi literatur memberikan informasi tata cara pengujian terkait *platform*, berat, coupon, kebocoran, dinamis, sirkulasi udara, sub sistem kelistrikan, dan sub sistem sensor. Sedangkan untuk data hasil pengujian didapat dengan melakukan observasi dan mencatat dari pengujian yang dilakukan oleh PT Wahana Indra Sentosa dan PT 247 Solutions. Selanjutnya data-data tersebut peneliti jabarkan menjadi beberapa sub-sub bab di bawah ini.

7.2.1 Data Uji *Platform* FECABS

Pengujian dilakukan pada FECABS untuk mengetahui kesesuaian antara desain yang telah dirancang dengan hasil konstruksi. Uji coba

platform yang dilakukan terdiri atas uji desain gambar, uji berat, uji kekuatan coupon, uji kebocoran, uji dinamis, uji sirkulasi udara.

7.2.1.1 Data Uji Berat FECABS

Pengujian berat FECABS dilakukan untuk mengetahui apakah berat FECABS hasil konstruksi sesuai dengan rancangan berdasarkan desain *requirement* yang telah dibuat. Pengujian berat seharusnya dilakukan pada saat pemindahan menggunakan *crane* maupun jembatan timbang. *Crane* yang digunakan tidak memiliki alat ukur berat dan jembatan timbang tidak tersedia sepanjang jalan dapat dilalui kendaraan pengangkut FECABS. Pengukuran berat FECABS dilakukan dengan mengukur volume dan berat coupon yang dibandingkan dengan volume dari FECABS menurut gambar desain. Coupon yang dibuat sama persis baik struktur, material dan ketebalan seperti potongan FECABS.

Perhitungan berat suprastruktur dihitung dengan menjumlahkan berat material aluminium baik plat maupun pipa tiang FECABS. Berat ini sesuai dengan perhitungan awal menggunakan *software Autocad*. Hasil perhitungan berat akan mempengaruhi perhitungan *buoyancy* dan *stability*.

7.2.1.2 Data Uji Coupon FECABS

Dua buah coupon dibuat untuk di uji, pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan dan kekuatan dinding FECABS. Pengujian coupon dilakukan oleh PT Trias Beton Perkasa. Pengujian kekerasan dilakukan dengan uji kuat tekan. Pengujian kekuatan dinding dilakukan dengan metode *hammer test*.

7.2.1.3 Data Uji Kebocoran

Uji kebocoran dilakukan untuk mengetahui FECABS tidak memiliki keretakan kecil maupun besar yang berpotensi menjadi jalan masuk air ke dalam saat FECABS dioperasikan. Pengujian dilakukan dengan mengisi *hull* FECABS dengan air sampai batas sarat air ditunggu hingga 3 hari. Setiap bagian luar permukaan FECABS, diperiksa apakah terjadi kebocoran atau tidak. Jika terjadi kebocoran harus dilakukan perbaikan pada bagian yang bocor dengan melakukan pengisian pada retakan

dengan menggunakan adukan pasir dan semen serta campuran anti kebocoran.

7.2.1.4 Data Uji Dinamis

Uji dinamis dilakukan untuk mengetahui kestabilan FECABS dengan melakukan pemberian bobot pada satu sisi sampai mencapai kemiringan 10 derajat sesuai syarat dari BKI. Setelah kemiringan mencapai 10 derajat dihitung berapa besar beban yang menyebabkannya. FECABS memiliki berat kurang dari 6 ton sehingga belum diwajibkan dimasukkan ke dalam klasifikasi BKI. Dalam penelitian ini dipilih berat dibawah 6 ton untuk mempermudah eksperimen dan terhindar dari aturan yang memberatkan.

7.2.1.5 Data Uji Sirkulasi Udara

Pengujian sirkulasi udara dilakukan untuk mengetahui kestabilan *room temperatur* didalam FECABS agar umur peralatan yang terpasang panjang. Temperatur yang nyaman juga membantu teknisi saat melakukan *maintenance* dan *setting* perlengkapan FECABS, walaupun teknisi bekerja dalam waktu yang cukup lama. Pengujian sirkulasi udara ini menggunakan *humidity* meter yaitu perangkat elektronik yang mengukur jumlah air dan kelembaban dan suhu didalam ruang tertentu. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD.

7.2.2 Data Uji Kelistrikan FECABS

Instalasi dan pengujian kelistrikan dilakukan diatas air menghindari kerusakan selama proses transportasi dari *workshop* ke galangan. Pengujian kelistrikan dilakukan terhadap komponen dan jaringan. Percobaan ini meliputi pengujian panel, lampu penerangan, navigasi dan komunikasi. Pengujian panel surya dilakukan dengan mengukur output baik tegangan (*volt*) dan arus (*ampere*). Panel surya dipasang diatas suprastruktur menghadap matahari sehingga daya yang dihasilkan optimal.

FECABS memiliki kabel dengan *marine* standar, ukuran kabel disesuaikan dengan instalasi yang dibutuhkan. *Miniatur Circuit Breaker* (MCB) merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem kelistrikan karena berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih yang dapat mengakibatkan hubung singkat arus listrik (*short*

circuit atau *korsleting*). Kegagalan fungsi dari MCB ini berpotensi menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti panas yang tinggi pada panel dan akhirnya bisa menimbulkan kebakaran.

Sumber listrik seperti genset, solar panel, *wind turbine* dan aki harus dilakukan pengecekan. Pengecekan atau pengujian dilakukan dalam rangka membandingkan rancangan awal dengan kondisi di lapangan. Bila ditemukan perbedaan atau kekurangan maka perlu dilakukan perbaikan. Perbaikan dapat dilakukan dengan mengecek konektivitas aliran listrik atau penggantian komponen yang mengalami kerusakan. Sumber listrik yang baik sesuai rancangan akan mengakibatkan fungsi sensor yang juga berfungsi dengan baik. Sistem *grounding* harus diukur untuk mengetahui hambatan (*ohm*) sesuai batas yang telah ditentukan sesuai dengan rancangan.

Pengujian terhadap baterai juga dilakukan mengingat baterai sebagai sumber vital dalam kelistrikan FECABS. Pemeriksaan dilakukan secara visual, pemeriksaan elektrolit, pemeriksaan tegangan dan pengujian beban terhadap baterai.

1. Pemeriksaan secara visual

- a. Pemeriksaan dilakukan dengan melihat kondisi kotak baterai dari retak, bengkak atau bocor. Retak pada baterai akan mengurangi jumlah elektrolit. Jika elektrolit keluar dari lubang yang retak dan mengenai bagian-bagian lain, maka akan menyebabkan korosi.
- b. Pemeriksaan terhadap sel baterai yang dapat mengembang, mengkrystal karena *charging* yang berlebihan, kehilangan daya simpan karena getaran atau penuaan, atau disebabkan kualitas baterai yang buruk.
- c. Pemeriksaan terminal baterai terhadap korosi karena uap elektrolit atau panas karena konektor yang longgar dan kotor.
- d. Pemeriksaan jumlah elektrolit yang diakibatkan oleh pengisian yang berlebihan. Jumlah elektrolit harus terjaga antara batas rendah dan tinggi. Kekurangan elektrolit akan menyebabkan baterai cepat terurai. Saat baterai memanas karena pengisian atau pengosongan yang berlebihan, terlalu banyak elektrolit dapat menyebabkan

luapan. Jika elektrolit menurun tajam, periksa dan sesuaikan arus pengisian. Karena baterai kering yang digunakan maka pemeriksaan elektrolit tidak dilakukan.

- e. Pemeriksaan apakah elastisitas kabel berkurang, apakah isolator putus dan terkelupas karena panas, terutama bagian dekat terminal baterai.
- f. Periksa dudukan baterai untuk memastikan bahwa kondisi dudukan baterai dapat menahan baterai dengan kuat untuk menghindari kejutan yang berlebihan.

2. Pemeriksaan elektrolit

Alat yang digunakan untuk mengukur berat jenis baterai adalah hidrometer. Berat jenis baterai pada suhu 20°C bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7.1 Kondisi Berat Jenis Baterai Pada suhu 20°C

Kondisi baterai	Berat Jenis (kg/liter)	Tegangan Sel (Volt)
Penuh	1,27 – 1,28	2,20
Sedang	1,13 – 1, 27	
Kosong	1,10 – 1,13	1,75

Langkah-langkah dalam pengukuran berat jenis elektrolit :

- a. Lepas terminal negatif.
- b. Lepas tutup ventilasi baterai.
- c. Tempatkan pada wadah agar tidak tercecer.
- d. Masukkan ujung hidrometer melalui lubang baterai.
- e. Pompa hidrometer sampai elektrolit masuk ke dalam hidrometer dan pemberat terangkat.
- f. Tanpa mengangkat hidrometer baca berat jenis elektrolit dan temperatur elektrolit baterai.
- g. Lakukan hal yang sama untuk sel baterai yang lain

Berat jenis elektrolit berubah sebesar 0,0007 setiap perubahan 1°C. Spesifikasi berat jenis elektrolit normal ditentukan pada suhu 20°C. Perhatikan temperatur elektrolit saat melakukan pengukuran. Hasil

pengukuran elektrolit harus dikoreksi agar sesuai dengan berat jenis pada suhu 20°C.

3. Pemeriksaan Tegangan

Pengukuran tegangan baterai menggunakan multimeter.

- a. Bermuatan penuh : tegangan 13,0-13,2 Volt.
- b. Bermuatan kurang : tegangan kurang dari 12,3 Volt.

4. Pengujian Beban

Alat yang digunakan adalah baterai *load tester*. Pemeriksaan dilakukan dengan cara memberi beban baterai sebesar 200A selama 15 detik.

- a. Kondisi baik bila tegangan baterai lebih dari 9,6 Volt
- b. Baterai perlu diisi beberapa saat jika tegangan < 6,5 – 9,6 Volt.
- c. Ganti baterai jika tegangan kurang dari 6,5 Volt, karena kemungkinan ada sel baterai yang rusak.

7.2.3 Data Uji Sensor FECABS

Pengujian fungsi FECABS dilakukan terhadap Sonar, AIS dan Radar untuk mengecek fungsi keakuratan peralatan penangkap informasi tersebut yang dikirim ke *datalogger*. Untuk melakukan uji fungsional, hubungkan peralatan ke sumber listrik dan aktifkan (on) peralatan tersebut. *Datalogger* melakukan 3-4 siklus hingga pembacaan stabil. Periksa masing masing kanal peralatan apakah memberi data yang akurat.

7.2.3.1 Uji Fungsi Sonar

Pengujian sonar dilakukan untuk dapat mendeteksi sesuai *range* yang telah ditentukan. Pengujian harus menunjukkan jarak yang dirasakan sonar sekarang, atur kekuatan daya (*gain*) sonar untuk mendapatkan bentuk signal optimal yang diinginkan. Berikut peneliti sajikan dokumentasi pengujian sonar di bawah ini.



Gambar 7.1 Pengujian Fungsi Sonar FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.2.3.2 Uji Fungsi AIS

Pengujian AIS dilakukan untuk dapat mendeteksi AIS objek saat dilaut. Pengujian AIS dilakukan dengan dua skenario pengujian yaitu pengujian transmisi data periodik dan pengujian transmisi data peringatan darurat. Pengujian transmisi data periodik dilakukan untuk memastikan bahwa informasi posisi dan *Maritime Mobile Service Identity* (MMSI) dapat diterima oleh *Vessel Traffic Service* (VTS). Pengujian ini dilakukan dengan menekan tombol *power* untuk mengaktifkan perangkat. Jika fungsi pengiriman data periodik bekerja dengan baik, maka informasi posisi dan MMSI akan terekam oleh VTS. Hasil pengujian pada Gambar 7.2 menunjukkan transmisi AIS Message dapat diterima oleh VTS hingga jarak 10 mil laut.



Gambar 7.2 Pengujian Fungsi AIS FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.2.3.3 Uji Fungsi Radar

Pengujian Radar dilakukan untuk dapat menampilkan objek pada layar monitor. Pengujian radar dilakukan pada saat kondisi perairan tenang untuk membuat *setting* penyetelan awal Radar dan mendapatkan data yang akurat. Pengujian atau di sekitar uji FECABS tidak hanya pada kondisi laut yang tenang terus menerus, tetapi juga kondisi laut yang lebih tinggi. Selain kinerja deteksi target yang disebutkan di atas, subjek pengujian kinerja juga mencakup item kinerja seperti akurasi radar dasar (akurasi jarak dan arah), jangkauan minimum (jarak minimum deteksi target) dan diskriminasi jangkauan. Lokasi pengujian harus dipilih agar semua pengukuran atau pengujian ini dapat dilakukan. Berikut disajikan pengujian radar FECABS di bawah ini.



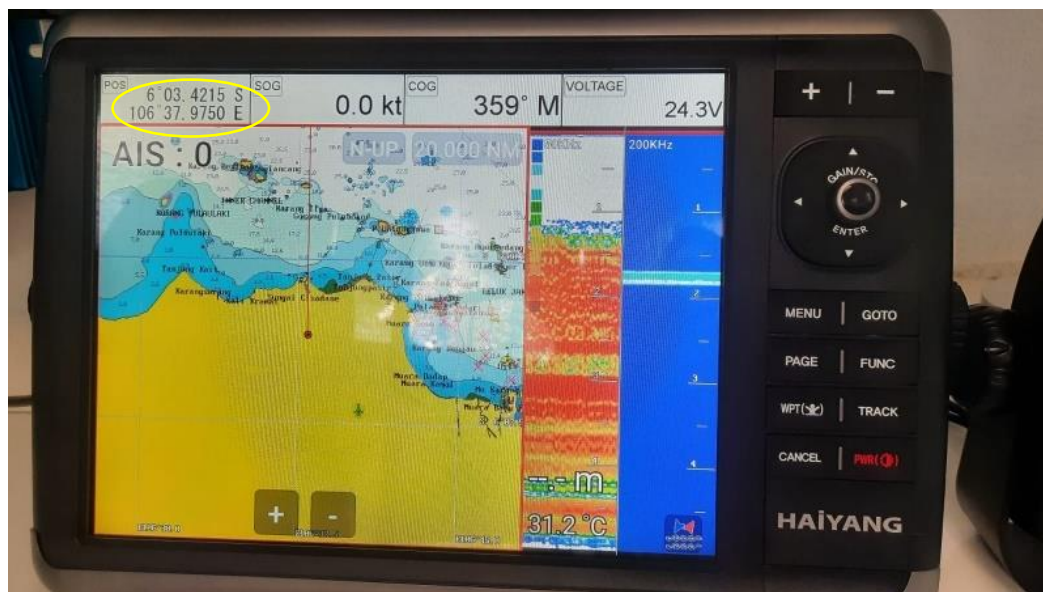
Gambar 7.3 Pengujian Fungsi Radar FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.2.3.4 Uji Fungsi GPS

Pengujian GPS dilakukan untuk menyamakan posisi dengan referensi object yang lain. Akurasi/ketepatan dari GPS perlu mendapat perhatian bagi penentuan koordinat sebuah titik/lokasi. Koordinat posisi ini akan selalu mempunyai faktor kesalahan, yang lebih dikenal dengan tingkat akurasi. Misalnya alat tersebut menunjukkan sebuah titik koordinat dengan akurasi 4 meter, artinya posisi sebenarnya bisa berada di mana saja dalam radius 4 meter dari titik koordinat (lokasi) tersebut. Semakin kecil angka akurasi (artinya akurasi makin tinggi), maka posisi alat akan menjadi semakin tepat.

Pengujian sensor GPS ini dilakukan di tempat terbuka supaya GPS dapat menangkap satelit dengan optimal. Pengujian ini dilakukan dengan cara GPS diaktifkan dan menunggu beberapa saat hingga dapat dilihat pada layar monitor posisi longitude dan latitude. Jika berhasil akan menampilkan data seperti gambar dibawah ini.



Gambar 7.4 Pengujian Fungsi GPS FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.2.3.5 Uji Fungsi Komunikasi Data

Pengujian fungsi sistem komunikasi ini dilakukan untuk mengetahui komunikasi berjalan dengan baik secara dua arah antara server dan FECABS dalam menerima dan mengirim data. Pengecekan dilakukan sesuai kemampuan jarak jangkauan dari kantor PT. 247 Solutions ke unit FECABS. Pengujian sistem komunikasi dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan tersebut diantaranya adalah pengecekan *bandwidth*, dihitung resolusi, kecepatan data (*baudrate*) dan sebagainya sesuai dengan *bandwidth* yang ada. Data akan ditampilkan pada *display* yang tersedia.

7.3 Hasil Pengolahan Data Pengujian FECABS

Setelah didapatkan berbagai data yang diperoleh dari berbagai sumber seperti studi literatur dan observasi, maka peneliti sudah dapat melakukan pengolahan data dengan melakukan tahapan pengujian FECABS. Pengujian FECABS akan dilakukan dengan mengacu aturan BKI apabila tersedia dan mendapat *approval* melalui gambar detail yang diajukan sehingga FECABS layak ditempatkan di perairan Indonesia. Sehingga penjelasan berikutnya akan dibagi menjadi beberapa sub bab

pengujian, mulai dari *platform*, berat, coupon, kebocoran, dinamis, sirkulasi udara, kelistrikan, dan pengujian fungsi sensor FECABS.

7.3.1 Pengujian platfrom FECABS

Pengujian platfrom dilakukan dengan mengamati gambar hasil rancangan FECABS dengan hasil pembangunan FECABS. Pengamatan dilakukan oleh BKI dengan melakukan kunjungan secara langsung FECABS di pinggir pantai sesuai gambar akhir rancangan FECABS. Sebelum dilakukan kunjungan secara langsung, peneliti sudah mengirimkan gambar akhir rancang bangun kepada BKI agar diperiksa secara detail sesuai standar yang tersedia. BKI telah memberikan *approval* gambar detail, analisis kekuatan struktur *ferrocement*, beban gelombang dan hidrostatik yang di sajikan pada Lampiran 9.

7.3.1.1 Pengujian berat FECABS

Pengujian berat bobot dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap FECABS dengan menimbang berat salah satu coupon yang telah tersedia dan mengukur luasan permukaan coupon tersebut. Coupon tersebut sudah dibuat sama persis dengan salah satu sisi *hull* FECABS dengan perbandingan tertentu. Kemudian berat *hull* FECABS diketahui dengan menghitung luas secara keseluruhan dan begitu juga dengan suprastruktur FECABS. Sehingga didapatkan berat FECABS sebesar $\pm 5,71$ ton. Hal ini peneliti jabarkan secara jelas pada Lampiran 8. Berikut peneliti sajikan foto coupon FECABS yang dilakukan untuk pengujian berat FECABS dibawah ini.



Gambar 7.5 Pengujian Berat Melalui Coupon FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.3.1.2 Pengujian coupon FECABS

Pengujian coupon dilakukan PT. Trias Beton Perkasa untuk mencari nilai *compressive strength* dari *ferrocement*. Kuat tekan beton (*compressive strength*) adalah besarnya beban yang diaplikasikan per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tersebut yang dihasilkan oleh mesin *test*. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton. Sampel selanjutnya di bawa ke laboratorium untuk pengujian *hammer test*. *Hammer test* adalah salah satu metode *Non-Destructive Testing* (NDT) yang sering digunakan karena mudah dan praktis untuk memperkirakan mutu *compressive strength* tanpa merusak beton. Hasil pengujian coupon diketahui bahwa kuat lentur coupon FECABS dengan ukuran *wire mesh* 25 mm x 25 mm memiliki nilai *compressive strength* kubus = 196,4 Kg/cm² dan silinder = 16,3 Mpa. Berikut disajikan dokumentasi pengujian coupon FECABS.



Gambar 7.6 Pengujian Coupon FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.3.1.3 Pengujian kebocoran FECABS

Pengujian kebocoran FECABS dilakukan pada saat pembangunan *hull* selesai dengan kondisi *hull* mengering secara sempurna dan belum dilapisi kedap air. Pengujian kebocoran *hull* FECABS dilakukan dengan mengisi dengan air sampai batas sarat air yaitu 1,1 m. Pengujian dilakukan dengan mengisi air pada *hull* FECABS hingga mencapai batas air dan ditunggu selama 3 hari serta diamati apakah terdapat tetesan atau rembesan air dari sisi luar *hull* FECABS. Jika terdapat kerusakan seperti retak rambut pada dinding *hull* FECABS, maka perbaikan kembali dilakukan dengan menggunakan pelapis kedap air. Namun jika tidak terdapat kerusakan maka *hull* FECABS dinyatakan aman untuk proses selanjutnya. Berikut peneliti sajikan proses pengujian kedap air *hull* FECABS di bawah ini.



Gambar 7.7 Proses pengujian kebocoran air pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.3.1.4 Pengujian dinamis FECABS

Pengujian dinamis FECABS dilakukan dengan *inclining test* dengan memberi beban pada satu sisi hingga mencapai sudut kemiringan 10° , sesuai aturan BKI untuk *inclining test* pada kapal. Beban yang diberikan dalam bentuk pasir yang ditempatkan dalam wadah karung. Beban tersebut sudah ditimbang beratnya dengan cermat agar dapat diketahui berapa total beban yang diberikan pada FECABS hingga mencapai sudut kemiringan 10° . Peneliti memberikan beban karung pasir satu persatu pada sisi FECABS hingga batas kemiringan terpenuhi. Berikut peneliti sajikan proses pengujian dinamis FECABS di bawah ini.





Gambar 7.8 Pengujian Dinamis FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Berdasarkan Gambar 7.7 diatas menunjukkan bahwa FECABS mencapai sudut kemiringan 10° dengan pemberian beban mencapai 575 kg. Hal ini membuktikan FECABS sudah sesuai standar *inclining test* dalam mencapai sudut kemiringan 10° dengan stabilitas yang masih terjaga. Selain itu, pengujian dinamis FECABS juga menunjukkan bahwa *stabilizer* antena radar bekerja dengan baik karena antena radar masih dalam posisi horizontal. Hal ini menandakan saat FECABS diterapkan di perairan sekitar *choke point* dengan berbagai perubahan besar gelombang laut, radar tetap stabil memberikan data yang akurat.

7.3.1.5 Pengujian sirkulasi udara FECABS

Pengujian sirkulasi udara FECABS dilakukan dengan melakukan pengukuran menggunakan *humidity* meter saat berada di dalam FECABS. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kelembaban relatif dengan nilai 45 %- 55%. Hal ini menunjukkan sesuai standar kelembaban ideal dalam suatu ruangan. Kondisi ini terjadi karena adanya ventilasi udara dalam FECABS yang membuat sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik. Sehingga hal

demikian membuat nyaman teknisi saat melakukan *setting* sensor maupun pemeliharaan bulanan.

7.3.2 Pengujian kelistrikan FECABS

Pengujian kelistrikan dilakukan dengan memasang *battery* aki ukuran 12V 200 AH sebanyak 2 unit sebagai sumber energi utama. Sebelumnya sudah terpasang semua instalasi kabel listrik untuk sensor radar, AIS dan sonar serta panel surya dan *wind turbine* yang terhubung dengan aki. Selanjutnya dihubungkan aki tersebut dengan berbagai sensor tersebut dan dilihat apakah semua sensor dan lampu bekerja dengan baik, setelah semua pengamatan dilakukan maka dipastikan listrik berjalan baik dengan hasil semua sensor dan lampu navigasi sudah aktif. Pengamatan juga dilakukan pada panel listrik dan juga dipastikan aktif dengan lampu indikator menyala. Selain itu pengujian juga dilakukan dengan melihat alat regulator *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Solar Controller SON-MPPT 60 A sudah hidup dengan menampilkan nilai besar output listrik dari solar panel. Berikut peneliti sajikan dokumentasi pengujian listrik pada FECABS di bawah ini.





Gambar 7.9 Pengujian Kelistrikan FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Pengujian kelistrikan juga dilakukan dengan menggunakan sambungan listrik darat dan tidak menggunakan sumber listrik di *battery* FECABS dengan cara *shore connection* dengan memastikan input, kabel yang terhubung. Sumber listrik diambil dari kabel kerja *power* untuk *shore connection*, kemudian memastikan indikator listrik dari darat sudah menyala dan indikator baterai *charger* sudah menyala, jadi untuk instalasi listrik dari darat dari *shore connection* sudah selesai terpasang dengan baik dan sudah dapat diketahui besaran daya secara keseluruhan yang dibutuhkan FECABS.

7.3.3 Pengujian fungsi sensor FECABS

Pengujian berbagai perangkat sensor baik di permukaan dan kedalaman laut dilakukan dengan menyesuaikan *bandwith* yang tersedia

pada jalur komunikasi. Pengujian sistem komunikasi sensor pengawasan menggunakan tiga jenis komunikasi yaitu *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) stream*, *Internet of Think (IoT) Image Capture* dan *IoT NMEA stream*. Data dengan kebutuhan *throughput* yang besar dapat dikirimkan melalui *TCP/IP stream*. Data dari perangkat yang tidak mengeluarkan data NMEA tetapi tidak membutuhkan *update rate* yang tinggi dapat dikirimkan melalui *IoT Image Capture*. Untuk data luaran yang siap didisplaykan ke perangkat dapat dikirimkan melalui *IoT NMEA stream*.

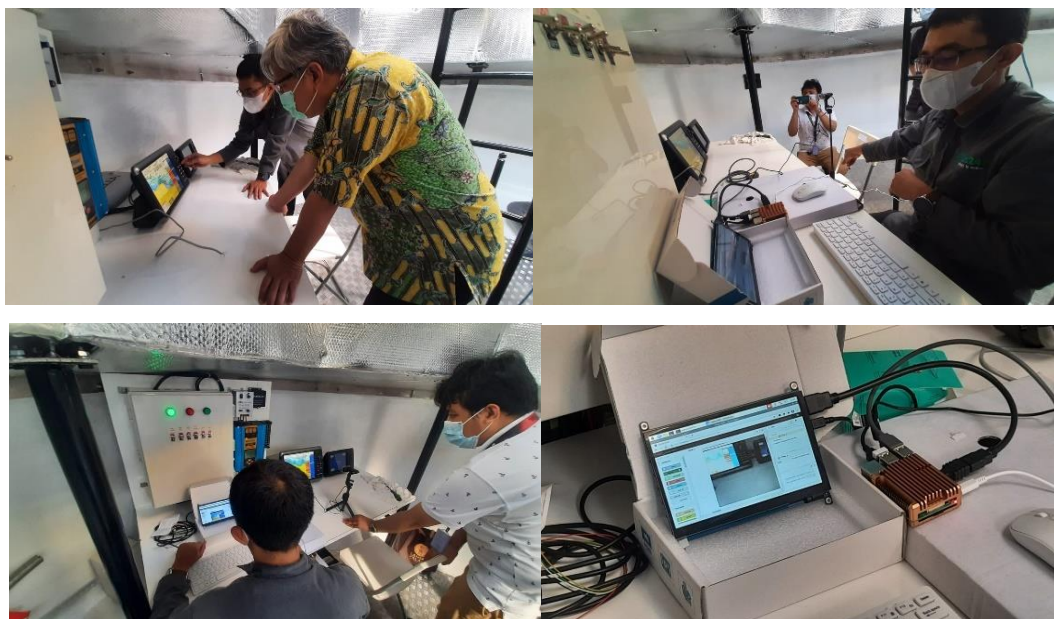
Pengujian radar dilakukan dengan cara transmisi data dari FECABS ke stasiun pengawas dengan menggunakan perangkat *raspberry pi 4* yang sudah diletakkan pada *buoy* yang terhubung melalui GSM kemudian dikirimkan ke area pengawas dengan perangkat *windows PC* dan *operating system windows 10*. Data tangkapan radar yang belum diproses dikirim dengan besaran resolusi *cell* jarak sebesar 512. Besar nilai dapat diturunkan sesuai ketersediaan *bandwidth* kanal yang dipergunakan dengan syarat *cell* jarak bernilai 2^n .

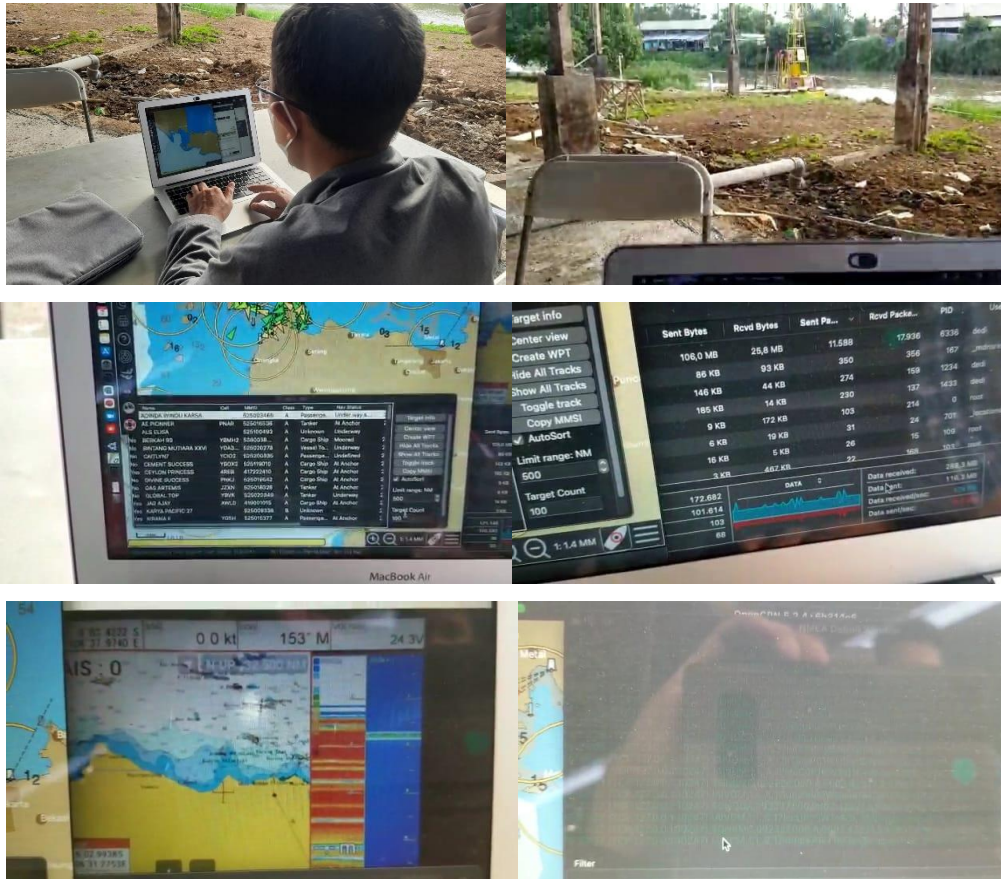
Dengan adanya perubahan resolusi dan sebagainya masih dalam sistem *real time*, dengan catatan data tetap dikirimkan tetapi tidak di *display* kan, kalau sistem itu mengalami *delay*. Maka jangan sampai data dikirim ke *dashboard* itu dalam titik tertentu sementara kapal sudah tidak di tepat semula, tidak untuk ditampilkan dan disimpan di data base untuk dianalisa. Sehingga sistem pengawasan harus secara *real time*. Target *bandwidth* nya agar bisa termonitor dalam posisinya. Jika *bandwidth* nya besar maka dapat dilihat data radar dengan cukup baik resolusinya, sedangkan jika *bandwidth* nya kecil maka akan terlihat kasar.

Pengujian untuk komunikasi data GPS dan AIS dilakukan dengan dua skenario berbeda. Data dari perangkat GPS dengan diambil secara langsung dari FECABS sedangkan pada perangkat AIS data diambil dari stasiun penerima AIS yang terpasang di Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu dikarenakan AIS transponder pada FECABS tidak menerima sinyal. Data AIS dari stasiun penerima Karangantu diambil oleh perangkat *raspberry pi* yang terpasang di FECABS kemudian dikirimkan kembali ke pusat pengawasan untuk mensimulasikan kebutuhan *bandwidth* yang

dibutuhkan untuk pengiriman data AIS. Besar *bandwith* yang dibutuhkan oleh NMEA 0183 standar maksimum adalah 4.8 kbps sedangkan besar *bandwith* maksimum pada NMEA 0182 *high speed* adalah 38 kbps. Simulasi *transfer* data dilakukan dengan jumlah AIS yang diterima dari AIS *reciever* sebanyak 109 kapal. Untuk jumlah *bandwith* yang diperlukan dalam simulasi *transfer* data adalah 888 Bps atau 7.1 kbps. *Transfer* data dengan NMEA membutuhkan *bandwith* yang kecil karena data berupa karakter terbatas.

Pengujian untuk komunikasi data hasil sonar atau *echo sounder* yang digunakan dalam penelitian ini tidak dapat dikirimkan dalam bentuk data NMEA. Masalah ini dapat diatasi dengan pengiriman gambar secara periodik dan dikirimkan melalui protokol IoT *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). *Image capture* diambil dengan *webcam* yang tersambung perangkat *raspberry pi* dan periode pengiriman data menyesuaikan *bandwith* yang tersedia. Uji coba dilakukan dengan pengambilan gambar setiap 2 detik dengan resolusi gambar 1024 x 768 pixel dengan file berupa jpeg versi 1.0. Pengiriman gambar membutuhkan data sebesar 120 kb dengan kebutuhan *bandwith* sebesar 60 kbps. Untuk lebih jelasnya, peneliti juga telah melampirkan hasil pengujian yang dilakukan PT. 247 Solutions pada Lampiran 13. Berikut peneliti sajikan proses pengujian komunikasi data FECABS di bawah ini.





Gambar 7.10 Pengujian Komunikasi Data FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

7.4 Analisis Pengujian FECABS

Pengujian gambar desain FECABS menunjukkan hasil yang memuaskan, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh BKI dan dapat memberi masukan atau koreksi. Gambar detail desain yang telah dikirimkan ke BKI untuk diperiksa dan disetujui harus melewati perbaikan khususnya pada skema jalur listrik. Penyesuaian perlu dilakukan dengan standar yang berlaku, skema jalur listrik setelah direvisi dan diperiksa kembali akhirnya disetujui. Sehingga gambar dan FECABS sudah dibangun sesuai verifikasi BKI.

Dalam komunikasi data radar ditemukan beberapa kesulitan karena tidak adanya data yang bisa di ambil untuk dikirimkan (tergantung jenis radar yang didapat) yaitu data kapal yang di tandai pada jenis radar yang dipilih harus dikirim secara manual, hal ini tidak sejalan dengan prinsip

autonomus/*unmanned system*. Hal serupa ditemui pada sonar, tidak adanya data yang bisa di ambil mengharuskan kita menjalankan data komunikasi dengan mengirimkan data yang berupa gambar/*image*, tantangannya *bandwith*.

Dengan memasang kamera untuk mengirim data atau *image* maka dibutuhkan *image processing* untuk melihat kedalaman dari masing-masing target, misalnya ikan, kapal selam, sistem bisa mendefinisikan dari data *output* dalam bentuk *image* yang dikirimkan ke pusat. Begitu juga dengan sonar pengiriman dalam bentuk *image* terdapat plus dan minusnya, tantangan utamanya juga *bandwith*, tetapi terdapat keuntungan yaitu saat mengirim gambar target sudah terdefinisi seperti apa yang terlihat. Jika data yang dikirimkan, pusat kendali tidak bisa melihat *image* kecuali setelah diproses dengan data *processing*. Contoh, ketika ada target lewat di kedalaman 5 meter, hanya mengirimkan informasi kedalaman dalam bentuk kode SODPTH (Kode NMEA 0183 terkait informasi kedalaman).

Pengujian FECABS melalui uji coupon di PT. Trias Beton Perkasa juga memberikan gambaran kekuatan bahwa FECABS memiliki nilai mutu kekerasan beton senilai 196,4 Kg/cm². Hal ini menunjukkan kekuatan coupon yang telah diuji mendekati K-200, kedepannya pengaturan komposisi mortar sangat penting dengan menjaga dan memperhatikan kualitas bahan-bahan yang terbaik untuk *ferrocement*. Penggunaan *ferrocement* untuk dinding FECABS memiliki struktur yang kuat, bahan berupa semen yang berat mengurangi potensi pencurian dan vandalism. Jika pengaturan mata dan diameter *wire mesh* diperhatikan maka kekuatan dinding FECABS juga semakin meningkat. Namun hal ini juga berpengaruh pada ketebalan dinding FECABS, yang perlu diteliti lebih lanjut untuk sifat *bouyancy* nya.

Perhitungan *numeric* untuk *mooring characteristic simulation*, *bouyancy* dan *stability calculation* pada FECABS dilakukan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember sebagai pembanding dan pelengkap desain yang telah dibuat oleh peneliti bersama PT Wahana Indra Sentosa. Hasil ITS menunjukkan bahwa stabilitas FECABS melalui beberapa kriteria hukum internasional SOLAS (*Safety of Life at Sea*) sudah memenuhi tingkat

kestabilan yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan momen kemiringan FECABS maksimal mencapai $14,5^\circ$ saat berada ditengah laut, dan masih dalam batas stabilitas yang baik. Sementara itu untuk *mooring characteristic simulation* juga sudah diujikan dengan menggunakan *software* komputasi OrcaFlex. Pengujian FECABS dilakukan dengan dua kondisi berbeda yaitu *design mooring chain* dan *design mooring wire rope*. Hasil analisis *design mooring chain* menunjukkan bahwa operabilitas maksimal kedalaman yang bisa FECABS dapat adalah 450 m dengan panjang chain 605m dan berat total *chain* 6.72 ton. Untuk *mooring* yang lebih berat dari 6.72 ton, FECABS akan tenggelam karena tidak mampu mempertahankan *buoyancy* nya. Sementara itu hasil dari *design mooring wire rope* menunjukkan bahwa operabilitas kedalaman yang bisa FECABS dapat adalah 1000 m dengan panjang *wire rope* 1080 m. Untuk lebih jelasnya peneliti juga menyajikan hasil pengujian FECABS dari ITS pada Lampiran 12.

7.5 Perbandingan Biaya Operasional Kapal Patroli & FECABS

Analisis biaya manfaat (*Cost Benefit Analysis*) merupakan teknik perhitungan dan evaluasi dari keuntungan yang bersih yang terhubung dengan program alternatif. Menurut Indrajit (2010) menjelaskan *cost benefit analysis* lebih didasarkan pada cara serta perspektif manajemen dalam menilai kinerja teknologi informasi yang diimplementasikan. *Value for money* merupakan konsep pengelolaan organisasi sektor publik yang mendasarkan pada tiga elemen utama, yaitu ekonomi, efisiensi, dan efektivitas (Mardiasmo, 2009). Kedua metode ini tidak bisa digunakan untuk membandingkan FECABS dan Kapal Patroli karena bukan *apple to apple* tetapi irisan dalam fungsi *monitoring*.

Sesuai desain awal, penggunaan FECABS adalah sebagai pengisi gap dalam sistem patroli keamanan laut di Indonesia. Karena perbandingan kapal dengan FECABS tidak *apple to apple*, maka hanya dapat dilakukan dengan mensimulasikan untuk operasi tertentu. Penggunaan *cost and benefit analisis* atau penggunaan *value for money* biasanya digunakan untuk memilih satu dari beberapa pilihan. Karena itu perbandingan biaya

operasi antara kapal dan FECABS menjadi pilihan yang paling relevan dalam membandingkan keduanya mengingat kapal dan FECABS saling melengkapi. Perbandingan biaya operasional ini dilakukan dengan mensimulasi tugas/misi *memonitor choke point* di selat sunda. Untuk FECABS, *monitoring* dilakukan di satu titik secara terus menerus, sedangkan kapal diasumsikan datang dari Jakarta ke *choke point* dan setelah patroli kembali ke Jakarta.

Pada umumnya *unmanned system* menunjukkan beberapa keunggulan yang bersifat *intangible* diantaranya *human risk factor*, *continous operation*, *areal coverage*. *Human risk factor* adalah resiko potensi terhadap manusia dari kecelakaan dan sebagainya. *Continous operation* adalah operasi secara berkelanjutan dengan waktu yang lebih panjang. *Areal coverage* adalah kemampuan sistem dalam menjaga sesuatu yang dimiliki dalam suatu pengawasan.

Peneliti mensimulasikan dalam perhitungan biaya penyusutan dengan mengasumsikan harga biaya awal FECABS dengan rincian Tabel di bawah ini.

Tabel 7.2 Asumsi Harga Biaya Sistem FECABS

No	Deskripsi	Total
1.	Sensor @ FECABS	Rp. 12.555.800.000
	<i>Support – Maintenance for 5 years</i>	
	<i>Pricing per FECABS platform</i>	
2.	Sistem Pengawasan & Pemantauan	Rp. 12.350.400.000
	<i>Support – Upgrade – Annual Subscription for 5 years</i>	
	<i>Control & Monitoring Room @ JABODETABEK</i>	
3.	Sistem Komunikasi Data	Rp. 1.424.500.000
	VSAT & GSM	
	<i>5 Years Subscription</i>	
4.	Implementasi & Pelatihan	Rp. 915.000.000
	<i>Site Preparation & Installation: Sensors & System</i>	
5.	Wahana FECABS	Rp. 300.000.000
6.	Deployment FECABS	Rp. 250.000.000
	<i>Floating Dock</i>	
	Biaya penarikan FECABS dengan Kapal Pandu	
	Biaya <i>mooring</i> FECABS	
	Grand Total	Rp. 27.795.700.000
	Grand Total + Ppn 10 %	Rp. 30.575.270.000

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah diketahui asumsi harga biaya sistem FECABS maka dapat diketahui nilai penyusutan atau depresiasi. Penyusutan merupakan prosedur perhitungan nilai aset selama masa penggunaannya. Dalam perhitungan penyusutan ini, peneliti berpedoman pada Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 65/PMK.06/2017 tentang Penyusutan Barang Milik Negara Berupa Aset Tetap Pada Entitas Pemerintah Pusat. Dimana dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa dalam pasal 18 ayat (3) dijelaskan formula Penyusutan per periode sama dengan nilai yang dapat disusutkan dibagi dengan Masa Manfaat.

$$\text{Harga Biaya Sistem FECABS} \div \text{Masa Manfaat} = \text{Penyusutan}$$

Dalam penelitian ini peneliti mengasumsikan masa manfaat FECABS adalah 30 tahun secara keseluruhan. Dicontohkan, Pemerintah Republik Indonesia membeli FECABS senilai Rp. 30.575.270.000 pada tanggal 1 Februari 2022. FECABS tersebut diperkirakan tidak akan mempunyai nilai residu pada masa akhir pemakaian dan bisa beroperasi sampai 30 tahun. Artinya, masa penyusutan FECABS per tahun, yaitu

$$\text{Rp. } 30.575.270.000 \div 30 \text{ tahun} = \text{Rp. } 1.019.175.666,66$$

Karena perbandingan Kapal dan FECABS bukan *apple to apple* maka *direct cost* (harga pengadaan) dari keduanya menjadi tidak relevan. Sehingga peneliti hanya dapat memberikan informasi terkait perbandingan biaya operasi antara FECABS dengan Kapal Patroli. Perbandingan biaya operasi antara FECABS dan Kapal Patroli untuk satu tahun disajikan dalam masing-masing Tabel 7.2 dan 7.3.

Tabel 7.3 Biaya operasi untuk Kapal Patroli Tipe PC Panjang 44,95 M

No	Komponen Biaya	Harga	Vol	Satuan	Periode	Jumlah
	Biaya Logistik					
1	Makan awak kapal (38 org x 30 hari)	1.800.000	38	OB	12	Rp.820.800.000
2	Kebutuhan air tawar (38 org x 30 hari)	474.000	38	OB	12	Rp.216.144.000
	Biaya Gaji Personil					
3	Gaji Personil (38 org x 30 hari)	178.936.870	1	Bulan	12	Rp.2.147.242.440

	Biaya Tunjangan					
4	Tunjangan komunikasi (3 org x 30 hari)	1.500.000	3	OB	12	Rp.54.000.000
5	Tunjangan hidup jauh dari rumah (38 org x 30 hari)	60.000	38	OB	12	Rp.27.360.000
6	Penggantian pemeriksaan medis (38 org x 30 hari)	90.000	38	OB	12	Rp.41.040.000
7	Penggantian biaya perjalanan (38 org x 30 hari)	-	-	OB	12	-
8	Tunjangan rekreasi (38 org x 30 hari)	60.000	38	OB	12	Rp.27.360.000
9	Tunjangan asuransi (38 org x 30 hari)	250.000	38	OB	12	Rp.114.000.000
10	Biaya bahan bakar minyak atau listrik	1.977.696.000	1	Bulan	12	Rp.23.732.352.000
11	Biaya oli	40.000.000	1	Bulan	12	Rp.480.000.000
12	Biaya pemeliharaan	79.486.446	1	Bulan	12	Rp.953.837.352
13	Biaya jangka panjang	Variatif tergantung kegiatan	1	Bulan	12	-
14	Biaya penyusutan		1	Tahun	1	Rp.7.000.000.000
		Total Pengeluaran per Tahun				Rp.35.614.135.792

Sumber: Guspurla Koarmada I TNI AL

Tabel 7.4 Biaya operasi untuk FECABS

No	Komponen Biaya	Harga	Vol	Satuan	Periode	Jumlah
	Biaya Logistik					
1	Makan awak kapal	-	0		0	-
2	Kebutuhan air tawar	-	0		0	-
	Biaya Gaji Personil					
3	Gaji Personil	10.000.000	1	OB	12	Rp.120.000.000
	Biaya Tunjangan					
4	Tunjangan komunikasi	-	0		0	-
5	Tunjangan hidup jauh dari rumah	-	0		0	-
6	Penggantian pemeriksaan medis	-	0		0	-

7	Penggantian biaya perjalanan	2.000.000	1	OB	12	Rp.24.000.000
8	Tunjangan rekreasi	-	0		0	-
9	Tunjangan asuransi	-	0		0	-
10	Biaya bahan bakar minyak atau listrik	-	0		0	-
11	Biaya oli	-	0		0	-
12	Biaya pemeliharaan	10.000.000	1	Bulan	12	Rp.120.000.000
13	Biaya jangka panjang (pengantian sensor, battery)	50.000.000	1	Bulan	12	Rp.600.000.000
14	Biaya penyusutan		1	Tahun	1	Rp.1.019.175.666
	Total Pengeluaran per Tahun					Rp.1.883.175.666

Sumber: diolah oleh peneliti

Dari perbandingan biaya operasi diatas kombinasi pemanfaatan kapal dan FECABS menjadi sangat menarik untuk daerah yang harus dilakukan *monitoring* secara terus menerus seperti di *choke point* dan lainnya, pemilihan FECABS akan sangat bermanfaat. Kapal dapat berpatroli ke tempat yang lain atau melakukan tindakan ditempat yang lain tanpa kehilangan informasi dari *choke point* tersebut. Sesuai pandangan Komandan Guspurla Koarmada I Laksma TNI Dato Rusman dalam *Round Table Discussion* menjelaskan bahwa FECABS ini akan memberikan informasi yang dapat dipelajari dalam rangka menentukan berapa banyak unsur TNI AL yang akan digunakan untuk berpatroli.

7.6 Verifikasi FECABS

Dalam proses rancang bangun FECABS kerangka V-Diagram digunakan. Mulai dari desain *requirement*, rancang bangun hingga pengujian. Verifikasi FECABS dilakukan dengan memastikan desain kriteria dengan hasil pengujian. Berikut disajikan hasil verifikasi FECABS di bawah ini.

Tabel 7.5 Verifikasi FECABS

No	Desain Kriteria	Uji Coba	Cara Pengujian	Penguji	Terverifikasi	Data Pendukung
1.	<i>Hull</i>	Uji Desain	Properti Hidrostatik,	BKI	✓	Lampiran 6, 11.

No	Desain Kriteria	Uji Coba	Cara Pengujian	Penguji	Terverifikasi	Data Pendukung
			Software analysis, Pemodelan, Load Case Pembebanan, Acceptance Criteria			
		Uji Coupon	Pengukuran dengan <i>hammer test</i> pada <i>coupon</i> .	PT. Trias Beton Perkasa	✓	Sub bab 7.3.1.2 & Lampiran 15
		Uji Kebocoran	Pengisian air pada bagian dalam dalam FECABS	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.3
		Uji Dinamis	Pemberian beban secara langsung	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.4
		Uji Sirkulasi Udara	Pengukuran kelembaban udara dengan humidity meter	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.5
2.	<i>Stability & Buoyancy</i>	Uji Dinamis	Pemberian beban secara langsung	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.4
		Analisis Hidrodinamika dan Sistem Tambat	<i>Numerical Test</i>	ITS	✓	Lampiran 12.
3.	Suprastruktur + Mast	Uji Dinamis	Pemberian beban secara langsung	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.4
		Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
4.	Diameter <i>hull</i>	Uji Desain	Properti Hidrostatik, Software analysis, Pemodelan, Load Case Pembebanan, Acceptance Criteria	BKI	✓	Lampiran 11.
5.	Berat	Uji Berat	<i>Numerical Test</i>	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.1, Lampiran 7, 8.

No	Desain Kriteria	Uji Coba	Cara Pengujian	Penguji	Terverifikasi	Data Pendukung
6.	Tinggi Antena Radar	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar dapat aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.3 7.3.3
7.	<i>Mooring System</i>	<i>Simulasi Mooring</i>	<i>Numerical Test</i>	ITS	✓	Lampiran 12.
8.	Memiliki <i>renewable energy</i>	Uji Kelistrikan	Pengujian penyimpanan daya listrik pada solar panel dan wind turbine	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.2
9.	Radar <i>Stabilizer</i>	Uji Dinamis	Pemberian beban secara langsung	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.1.4
10.	<i>Marine standard</i>	Material yang didapat	Pemilihan material yang <i>marine standard</i>	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Lampiran 16.
11.	<i>Surveillance</i>	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
12.	<i>Monitoring</i>	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
13.	Menyimpan data	Uji Komunikasi Data	Data dapat terkirim ke pusat kendali melalui simulasi	PT. 247 Solutions	✓	Sub bab 7.3.3 Lampiran 13
14.	<i>Continous monitoring</i>	Uji Kelistrikan	Listrik dapat berjalan dan tersimpan pada battery dari sumber panel surya dan wind turbine	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.3.2
15.	Inovatif dan memiliki kekhususan	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3

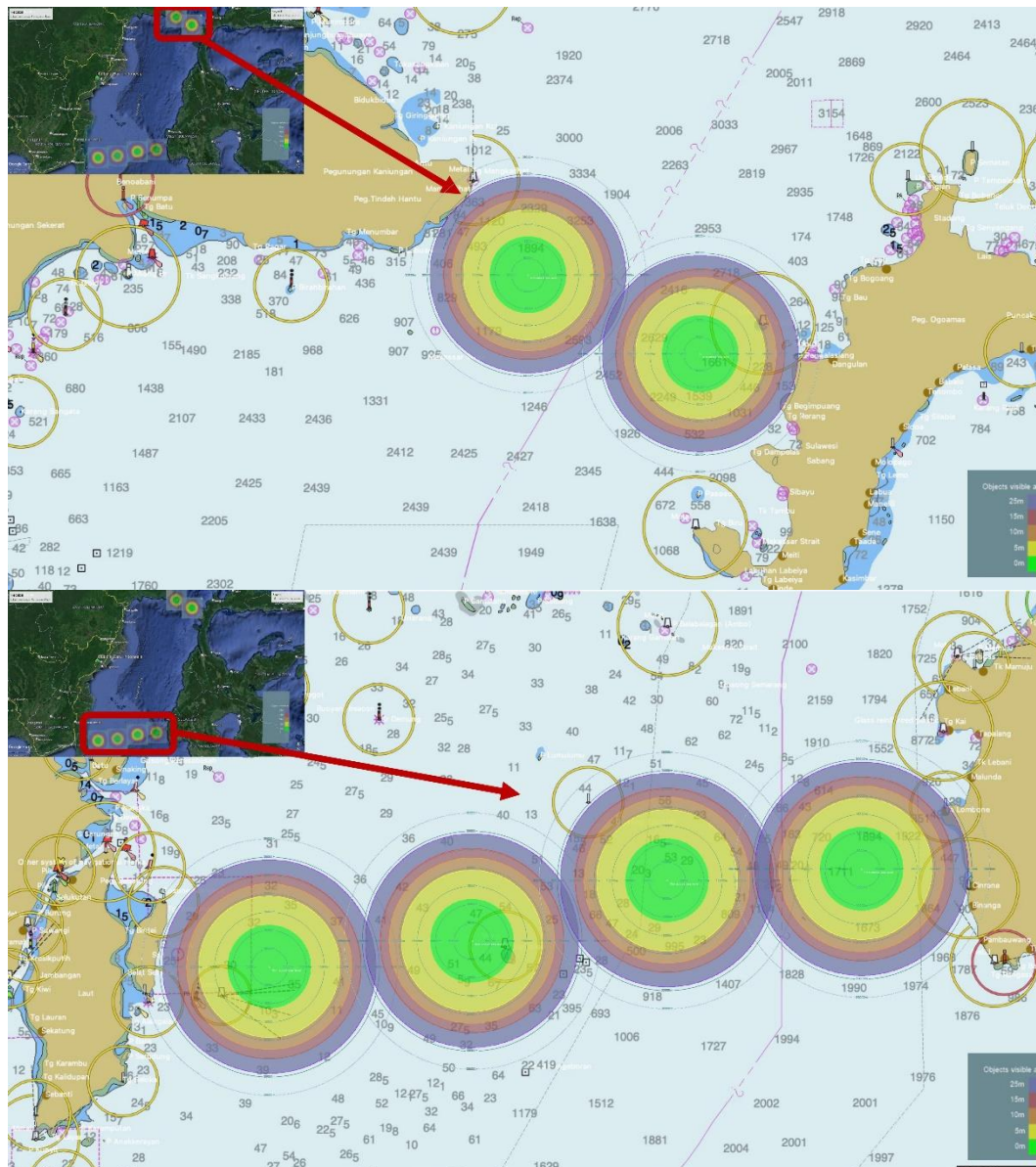
No	Desain Kriteria	Uji Coba	Cara Pengujian	Penguji	Terverifikasi	Data Pendukung
16.	Sdm teknologi dalam negeri	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
17.	Kemampuan identifikasi	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
18.	Sistem keamanan laut	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan radar, AIS dan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
19.	Mampu memantau bawah laut	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan sonar aktif dan menampilkan objek pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.1, 7.2.3.2, 7.2.3.3 7.3.3
20.	Titik Referensi	Uji Fungsi Sensor	Pengetesan GPS pada FECABS dan menampilkan koordinat pada layar monitor	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.2.3.4
21.	Kemampuan transfer data	Uji Komunikasi Data	Simulasi transfer data	PT. 247 Solutions	✓	Sub bab 7.3.3 Lampiran 13
22.	Biaya operasi rendah	Perbandingan Biaya Operasional	<i>Numerical test</i>	PT. Wahana Indra Sentosa	✓	Sub bab 7.5

Berdasarkan Tabel diatas menunjukkan bahwa hasil pengujian FECABS telah *comply* dengan desain kriteria. Sehingga FECABS dapat menjalankan fungsinya yaitu *static unmanned maritime border patrol* guna meningkatkan stabilitas keamanan maritim dalam rangka menjaga kedaulatan negara.

7.7 Pemanfaatan strategis FECABS dalam rangka menjaga kedaulatan negara

Sesuai teori kedaulatan dari Dahuri (2017) yang menyatakan bahwa dalam menjaga kedaulatan di laut yang berkaitan dengan pengembangan dan penguatan kemampuan pengawasan, ada hal yang harus dilakukan yaitu pemberlakuan sistem MCS (*Monitoring, Control dan Surveillance*). FECABS dapat menjawab teori Dahuri tersebut dengan dimanfaatkannya sebagai *virtual maritime gate*, sehingga dapat menjaga kedaulatan negara di laut. Pemanfaatan FECABS sebagai *virtual maritime gate* di Indonesia dapat diterapkan di Selat Makassar. Adapun *virtual maritime gate* adalah sebuah gerbang modern yang memanfaatkan sistem teknologi dengan arsitektur imajiner untuk memastikan pergerakan orang dan barang baik di permukaan ataupun bawah laut dapat terkuantifikasi dengan tepat (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2021).

Posisi *virtual maritime gate* di Selat Makassar yang merupakan selat yang diapit oleh dua pulau besar yaitu Kalimantan dan Sulawesi. Fungsi dari *virtual maritime gate* di Selat Makassar untuk mengidentifikasi segala bentuk obyek terapung ataupun bawah air yang melalui Selat Makassar menuju wilayah ibu kota negara. FECABS ditempatkan pada sisi utara Selat Makassar sebanyak 2 unit dan sisi selatan Selat Makassar sebanyak 4 unit. Posisi FECABS saat ada di Selat Makassar diilustrasikan seperti pada Gambar berikut.



Gambar 7.11 Posisi FECABS di Selat Makassar

Sumber: diolah oleh peneliti

Arsitektur *virtual maritime gate* di Selat Makassar tersusun atas elemen-elemen sistem teknologi modern yang ada saat ini. Elemen-elemen teknologi tersebut terdiri atas sensor, *platform buoy*, sistem komunikasi, ground data terminal, *software* analisis data, dan *human interface* untuk kebutuhan pengambilan keputusan. FECABS sebagai *platform* berbentuk *buoy* dapat menjadi elemen dalam *virtual maritime gate*. Karena FECABS memiliki kemampuan mendeteksi pergerakan obyek baik di permukaan dan

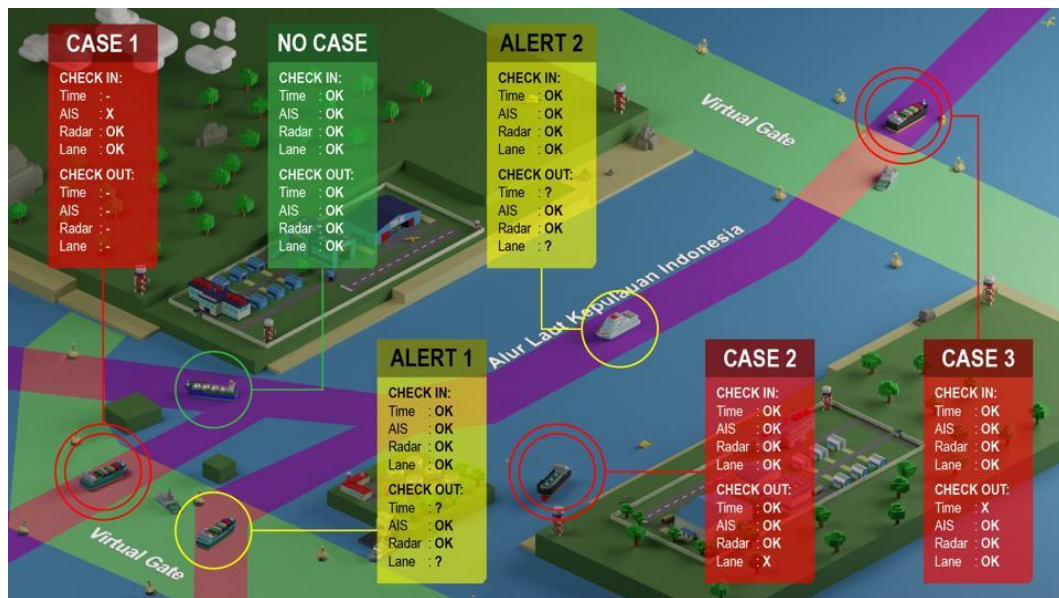
bawah laut, serta mampu mengirimkan data-data digital ke pusat kendali informasi.

Elemen sistem teknologi *virtual maritime gate* IKN di Selat Makassar terdiri atas 6 modul sistem deteksi dini terapung, 6 modul *ground* data terminal, dan pusat kendali informasi. Modul sistem deteksi dini terapung merupakan sistem deteksi yang mampu mendeteksi pergerakan obyek di permukaan dan bawah laut, serta mampu mengirimkan data-data digital ke pusat kendali informasi. Selain itu sistem deteksi dini terapung juga mampu menyediakan catu daya yang *independent*. Elemen teknologi sistem deteksi dini terapung terdiri atas *platform buoy*, catu daya, sensor aktif dan pasif, *receiver*, *transmitter*, dan *micro controller*.

Modul *ground* data terminal merupakan sistem teknologi yang berfungsi untuk menangkap semua data yang berasal dari sistem deteksi dini terapung. *Ground* data terminal merupakan sistem yang berada di daratan daerah terdekat dengan *system* deteksi dini yang masih memungkinkan untuk melakukan komunikasi internet dengan memanfaatkan jaringan telekomunikasi yang telah ada. Data yang telah diterima oleh *Ground* data terminal selanjutnya diteruskan ke pusat kendali informasi. Jenis data yang diterima ini diklasifikasikan berdasarkan sensor yang menerima data tersebut.

Modul Pusat Kendali Informasi merupakan sistem teknologi yang berfungsi untuk memberikan ilustrasi grafis guna membantu pemangku kepentingan untuk membuat keputusan berkaitan dengan situasi di selat Makassar. Modul ini berada di pusat kendali yang dapat berada di Istana Negara, Kementerian Pertahanan, lingkungan Mabes TNI, TNI AL, atau Badan Keamanan Laut. Modul pusat kendali pada dasarnya memiliki kemampuan mengolah data yang berasal dari sensor pada modul *system* deteksi dini dengan dianalisis berdasarkan kepentingan nasional dan regulasi internasional yang relevan.

Sebagai contoh lain, berikut ilustrasi FECABS sebagai *virtual maritime gate* yang disimulasikan dari simplifikasi ALKI dalam rangka mencatat keluar masuknya kapal dan berfungsi mencatat data-data AIS, radar, waktu dan jalur.



Gambar 7.12 Ilustrasi FECABS sebagai *virtual maritime gate*

Sumber: diolah oleh peneliti

Berdasarkan Gambar 7.12 menunjukkan terdapat tiga case dalam melakukan simulasi pencatatan data FECABS.

1. Case 1 adalah pelanggaran yang terjadi ketika saat kapal belum memasuki ALKI tidak menyalakan AIS, radar kapal aktif dan kapal sesuai jalur ALKI.
2. No Case adalah tidak terjadi pelanggaran karena kapal saat masuk dan keluar melalui jalur yang benar dengan menyalakan AIS, tercatat oleh radar dan waktu lintas yang sesuai dengan tujuan dari kapal tersebut.
3. Case berikutnya adalah pencatatan data sementara yang dikategorikan *alert* karena kapal saat masuk ke jalur ALKI menyalakan AIS, radar kapal aktif, berada jalur yang benar namun masih tergantung kapal keluar di jalur dan waktu yang sesuai.

Data-data tersebut dapat digunakan sebagai bukti dalam penegakkan hukum yang artinya adalah penegakkan kedaulatan negara di laut. Penegakkan hukum tersebut masih berbentuk protes namun hal itu sudah menunjukkan ada penegakkan kedaulatan negara di laut. Sesuai

teori Taylor (2018) bahwa ancaman hakekatnya dijawab dengan strategi, untuk mencapai tujuan negara yang disebut sebagai *ends* dibutuhkan cara atau *ways* dan *means* artinya sumber daya. *Ways* dapat dilakukan dengan melakukan pembinaan, melakukan operasi dan lain-lain. *Means* dengan memanfaatkan sumber daya alam, sumber daya manusia dan juga teknologi (Yusgiantoro, 2020). Jika dihadapkan dengan ancaman, FECABS dapat menjadi alternatif teknologi yang menjawab ancaman atau tantangan permasalahan kedaulatan negara.

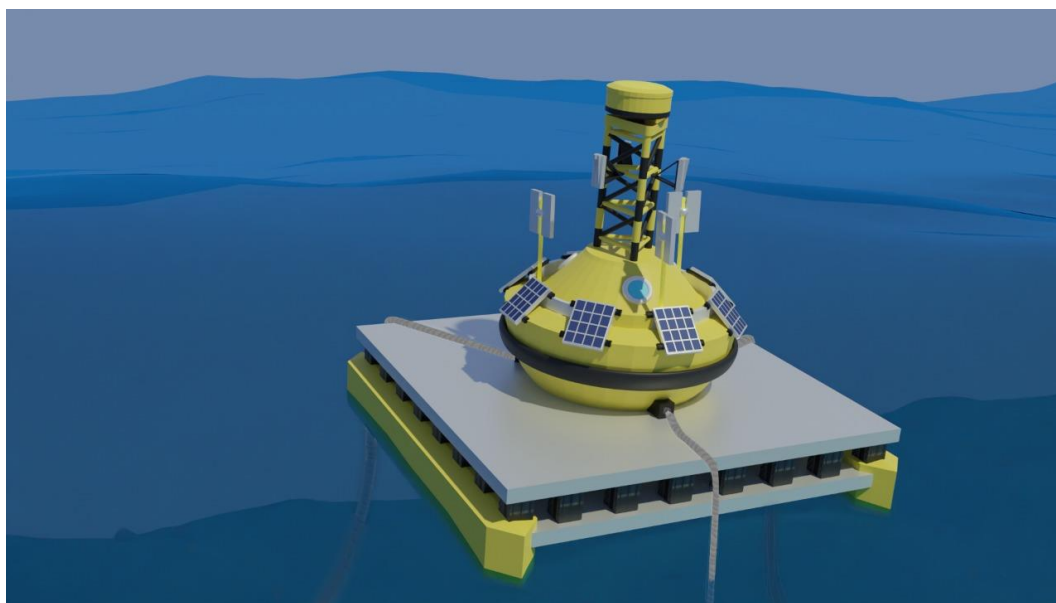
7.8 Maintenance FECABS

Peneliti merancang dan membuat FECABS untuk berfungsi secara terus menerus. Perawatan FECABS juga dilakukan untuk memperpanjang *life time* berbagai komponen penting. Pada waktunya FECABS membutuhkan perawatan rutin dan perawatan tahunan sesuai dengan persyaratan. *Maintenance* FECABS dapat dibagi menjadi dua periode sebagai berikut:

- a. Perawatan rutin dilakukan dengan mengecek kondisi listrik sumber daya, penyimpanan dan distribusi. Juga pengecekan peralatan elektronik sensor yang terpasang.
- b. Perawatan berkala tahunan dilakukan dengan memeriksa wahana FECABS, lambung *ferrocement* dan suprastruktur. Peneliti membuat khusus *floating dock portable* untuk pemeriksaan dan pembersihan *hull* (lambung) dari teritip (*bernaclles*) yang menempel, pemeriksaan dan pembersihan sensor-sensor bawah air dan penggantian *zinc anode* sebagai proteksi terhadap karat. *Floating dock portable* juga didesain untuk mempermudah transportasi FECABS saat dilakukan *maintenance* dan mudah dalam perakitanannya.

Perawatan berkala dilakukan dengan memeriksa kondisi fisik luar FECABS dan pemeriksaan elektrikal (*electronic*) peralatan terpasang. Perawatan berkala ini dilakukan tanpa harus menghentikan fungsi FECABS. Untuk perawatan bagian luar lambung dilakukan dengan membuat *floating dock portable* ukuran 6 meter x 6 meter, kemampuan

daya angkat *floating dock portable* ini mampu mengangkat FECABS berikut 3 tambang labuh (*mooring points*) ± 7 Ton dengan mudah. Pada saat perawatan semua fungsi instrumen FECABS tetap bekerja kecuali sensor sonar yang sementara di non aktifkan. Berikut ilustrasi *maintenance* FECABS dengan *floating dock portable* di bawah ini.



Gambar 7.13 Ilustrasi *Maintenance* FECABS dengan *floating dock portable*

Sumber: diolah oleh peneliti

Dalam *maintenance* FECABS, perlindungan perlu dilakukan untuk mencegah *biofouling* dapat menempel pada dinding FECABS. *Biofouling* atau pengotoran biologis adalah akumulasi mikroorganisme, tanaman, ganggang, atau hewan pada permukaan yang dibasahi. Jenis *biofouling* yang paling umum adalah teritip, rumput laut, dan cacing tabung. Mereka dapat ditemukan di banyak objek angkatan laut, seperti anjungan minyak lepas pantai dan lambung kapal. Selama periode ini, *biofouling* dapat terjadi dan menumpuk. Untuk meminimalkan jumlah *biofouling* yang menempel, sebagian besar kapal menerapkan *antifouling* pada lambungnya selama *dry docking* (Utama dan Nugroho, 2018). Pertumbuhan *biofouling* akan berpengaruh pada meningkatnya *drag hull* dalam dunia perkapalan yang akan mempengaruhi *fuel consumption* sehingga meningkatkan biaya

operasi. Pengaruh *biofouling* terhadap FECABS tidak mempengaruhi seperti halnya pada kapal laut, karena FECABS tidak bergerak dan ditambat. Efek tumbuhnya *biofouling* pada FECABS lebih berpengaruh terhadap berat yang akan mengganggu dan mengurangi kemampuan daya apung dan mengancam kekuatan struktur. Serangan *biofouling* dapat merusak permukaan dinding FECABS dan mengekspos struktur besi maka air laut pun akan mengancam struktur besi didalamnya.

Dalam penelitian ini perlindungan telah dilakukan pada FECABS sejak proses pembangunan diantaranya Pertama, perlindungan dari dalam struktur dengan menggunakan zat aditif yang fungsinya tidak hanya mempercepat proses pengeringan tetapi juga menutup pori sehingga air laut lebih sulit penetrasi ke dalam dinding FECABS. Kedua, setelah *hull* FECABS dicetak selanjutnya diberi *coating* sehalus mungkin dengan menggunakan polimer yaitu semen dengan merk *SikaTop – 107 Seal ID*. Semen dari polimer tersebut akan menutupi permukaan dengan lapisan polimer untuk membentuk permukaan dinding FECABS menjadi halus sehingga *biofouling* tidak terlalu menarik. Ketiga, *coating* juga dilakukan dengan menggunakan cat polimer dan bagian dinding FECABS yang terendam, peneliti juga mencegahnya dengan cat yang mengandung tembaga. Hal ini perlu dilakukan kembali pengecatan ulang setelah 1,5 tahun FECABS dioperasikan di perairan.