

BAB 5

DESAIN FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM

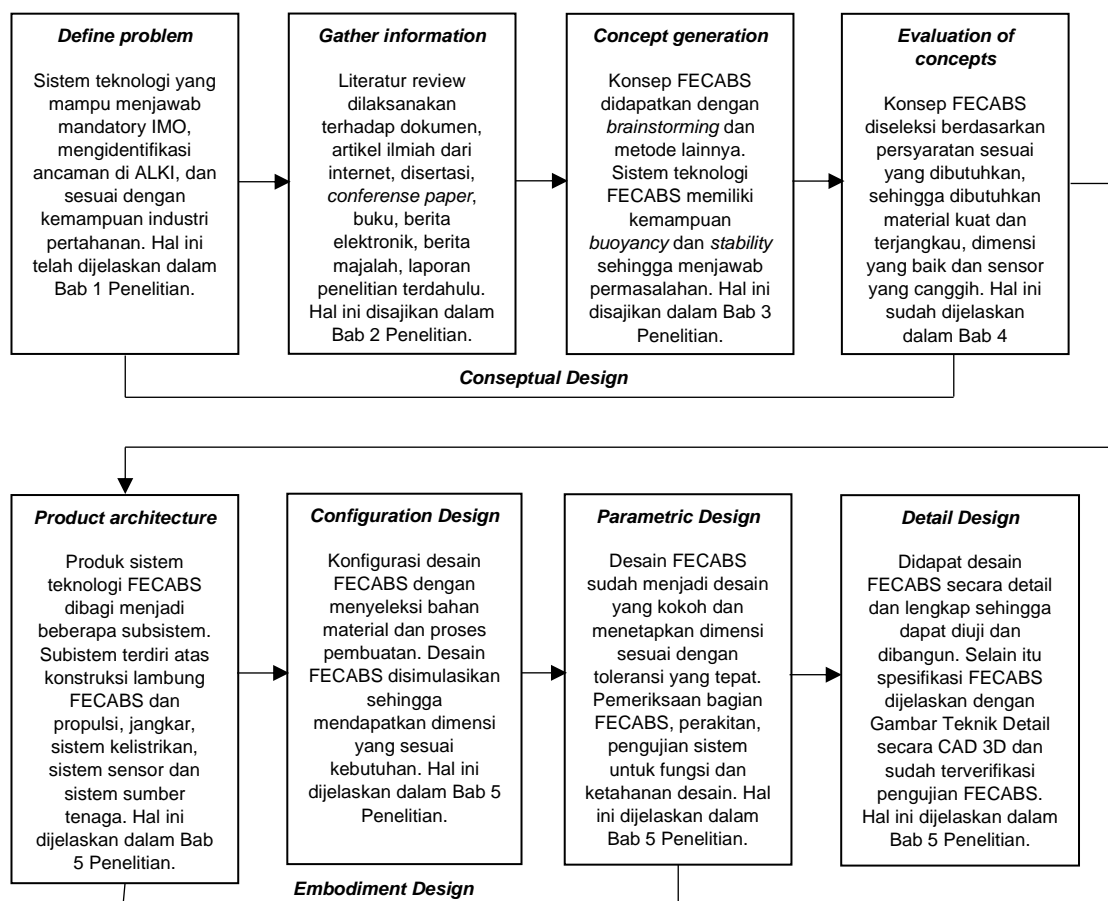
5.1 Gambaran Umum Desain FECABS

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 *conceptual design*. Sedangkan untuk hasil desain FECABS, dijabarkan dalam fase *embodiment design*. Fase *conceptual 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 aluminium 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.

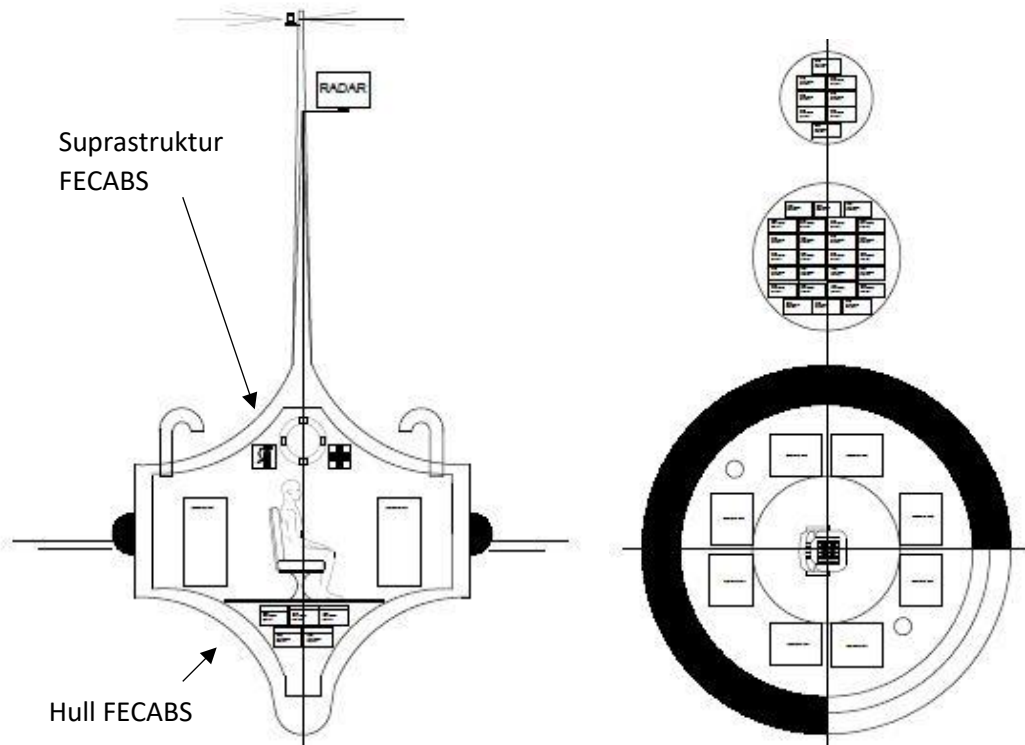
5.3 Hasil Desain FECABS

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 menjadi tumpuan utama dari FECABS sebagai *platform* untuk operator *maintenance*, sistem kelistrikan, dan sistem sumber tenaga. *Product architecture* dari FECABS dapat dilihat di bawah ini.

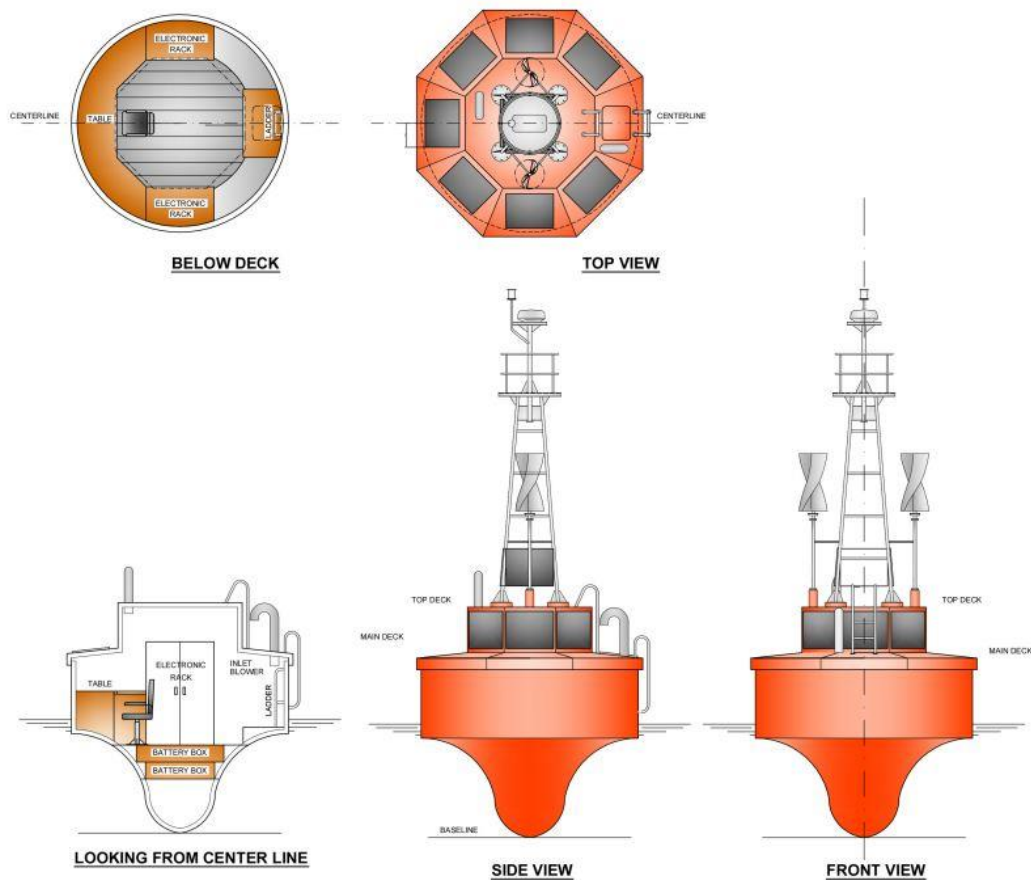


Gambar 5.2 Product Architecture FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

5.3.2 Configuration Design

Dalam *configuration design*, peneliti mulai menguraikan lanjutan dari *product architecture* menjadi bentuk yang sudah diperhitungkan 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

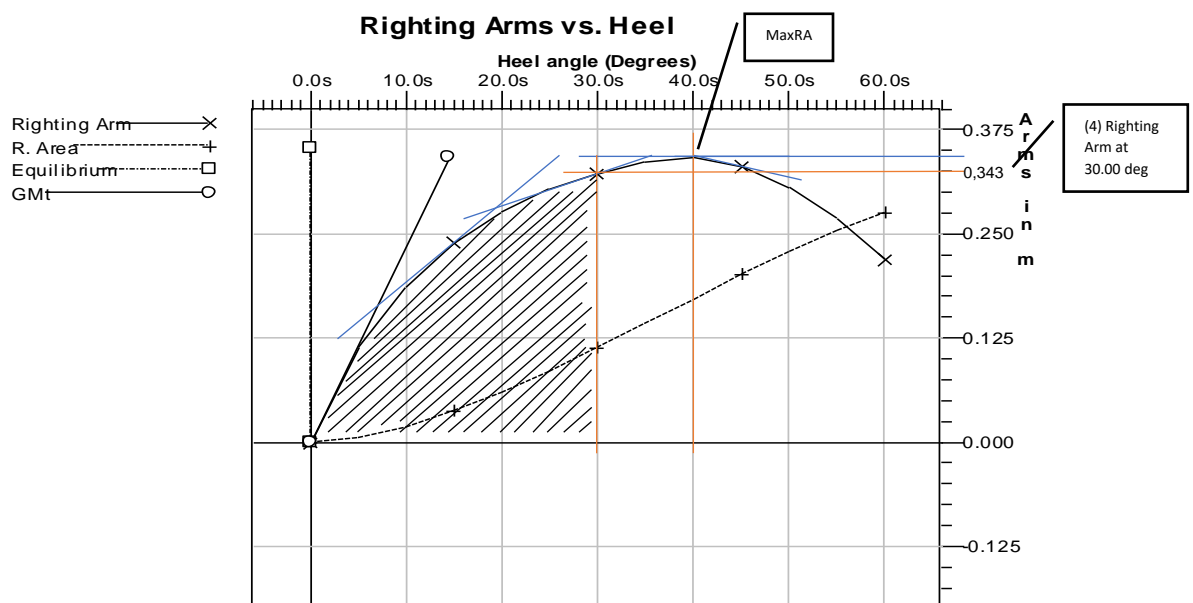
No.	Dimensi FECABS	Nilai Dimensi FECABS
1.	Diameter Lambung (<i>Hull</i>)	4 m
2.	Tinggi Lambung (<i>Hull</i>)	3,42 m
3.	Tinggi Tiang (<i>Mast</i>)	6 m
4.	Sarat Air	1,1 m
5.	Estimasi <i>Gross tonnage</i>	< 6 ton
6.	Volume	40 m ³
7.	<i>Battery</i>	<i>marine battery deep cycle</i>

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



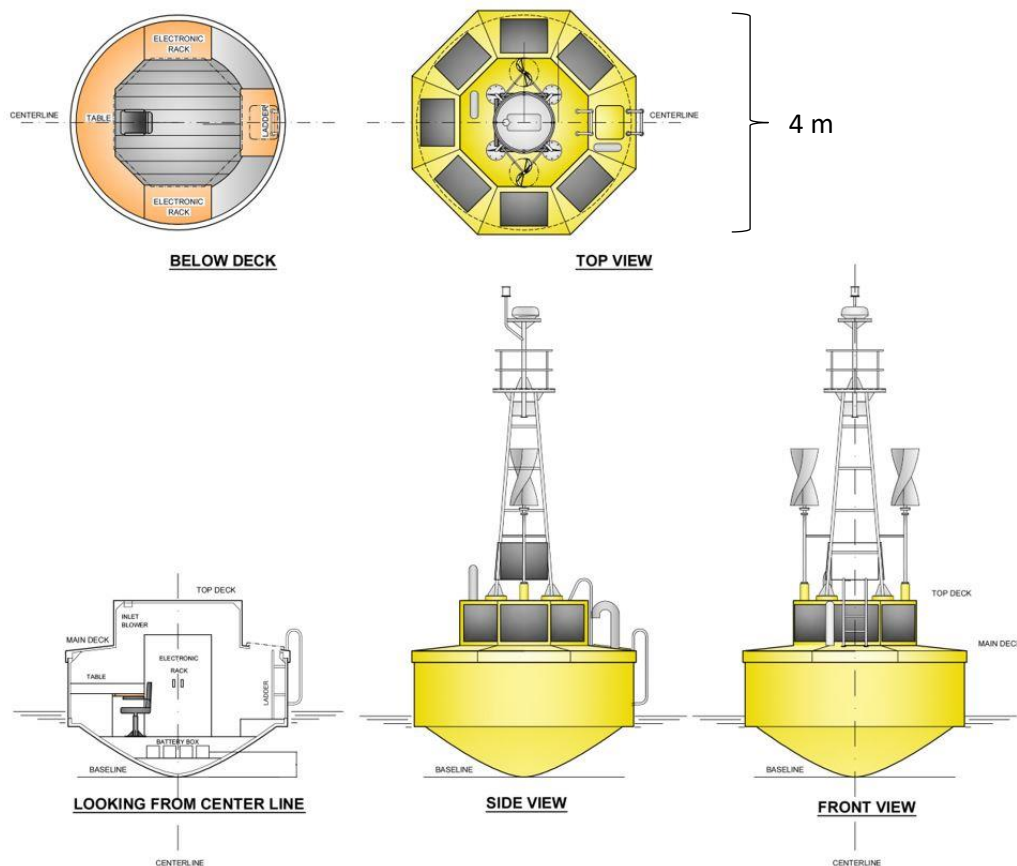
Gambar 5.4 Kurva Stabilitas FECABS

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 menunjukkan 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.	<i>Radar Garmin</i>	14	24	336
2.	<i>Ais Transponder Haiyang ST-1212 CFA</i>	4	24	96
3.	<i>Ais Receiver Haiyang ST-1212 CFA</i>	4	24	96
4.	<i>Blower with timer</i>	16	5	80
	<i>Total Consumtion Per Day</i>			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

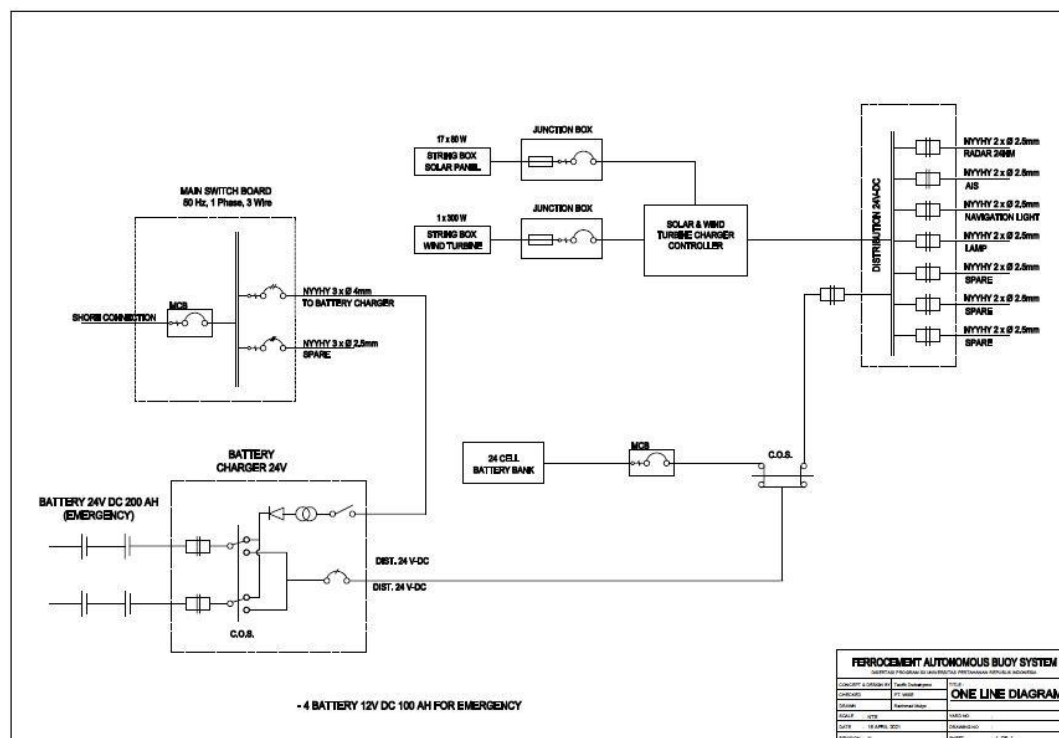
No	Type	Estimazing Panel Output	Number of panel	Nominal power (PW)	Daily Yield in summer (Wh/d)	Summary Daily Yield in summer (Wh/d)
1	MY80	80%	7	80	480	2688
2	MY80	50%	7	80	480	1680
3	MY80	50%	3	80	480	720
4	Wind Turbine	50%	1	300	300	150
<i>Total Output power per Day</i>						5088

Sumber: diolah oleh peneliti

Jumlah *battery* yang diperlukan dipasang = $5088/2400$

= $2,12 \approx 2$ *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

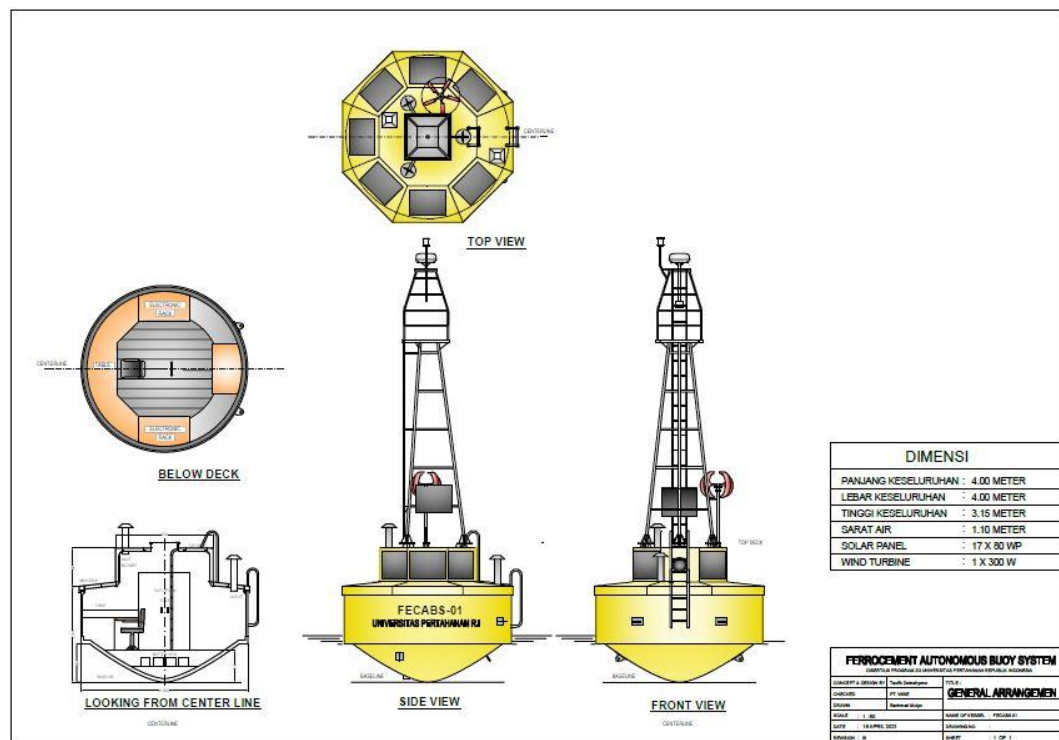
Sumber: diolah oleh peneliti

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 tampilan dalam Gambar 5.7 – 5.13 di bawah ini.



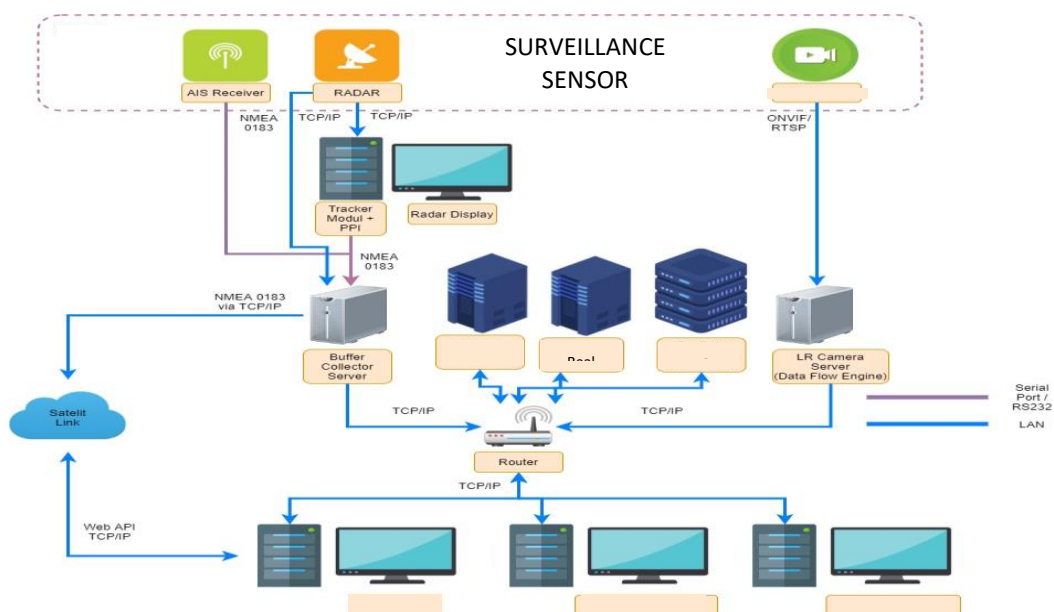
Gambar 5.7 General Arrangement FECABS (iterasi 3)

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.



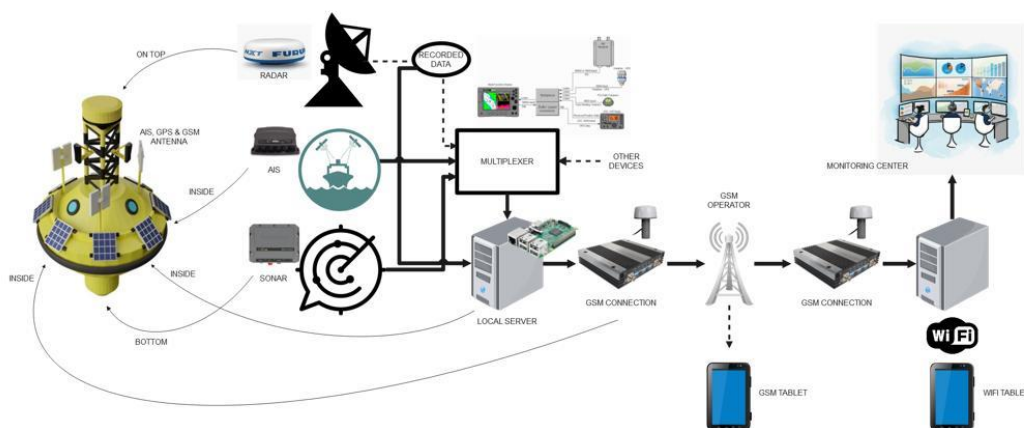
Gambar 5.8 Konseptual Desain Fusi Sensor & Komunikasi

Sumber: PT 247 Solutions

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

- Data akuisisi 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.
- 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 akuisisi 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 antenna 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 antenna 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

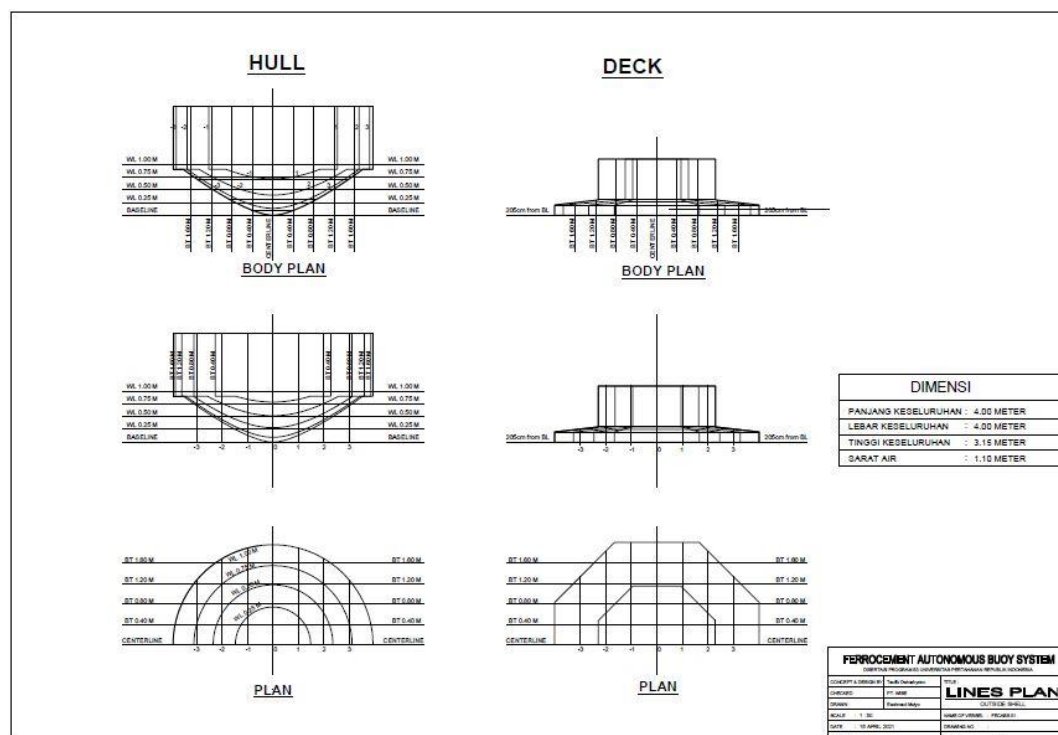
Melalui proses iterasi dalam *configuration design* bentuk *hull* FECABS yang dahulu seperti “dot” dirubah menjadi bentuk mangkuk. Perubahan ini dilakukan karena desain awal memiliki beberapa kekurangan yaitu kesulitan dalam proses pencetakan dan pembangunan FECABS. Kerugian lainnya adalah bentuk “dot” dengan bahan *ferrocement* akan membuat bagian bawah yang berfungsi sebagai bandul akan terisi oleh semen yang mengakibatkan 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.

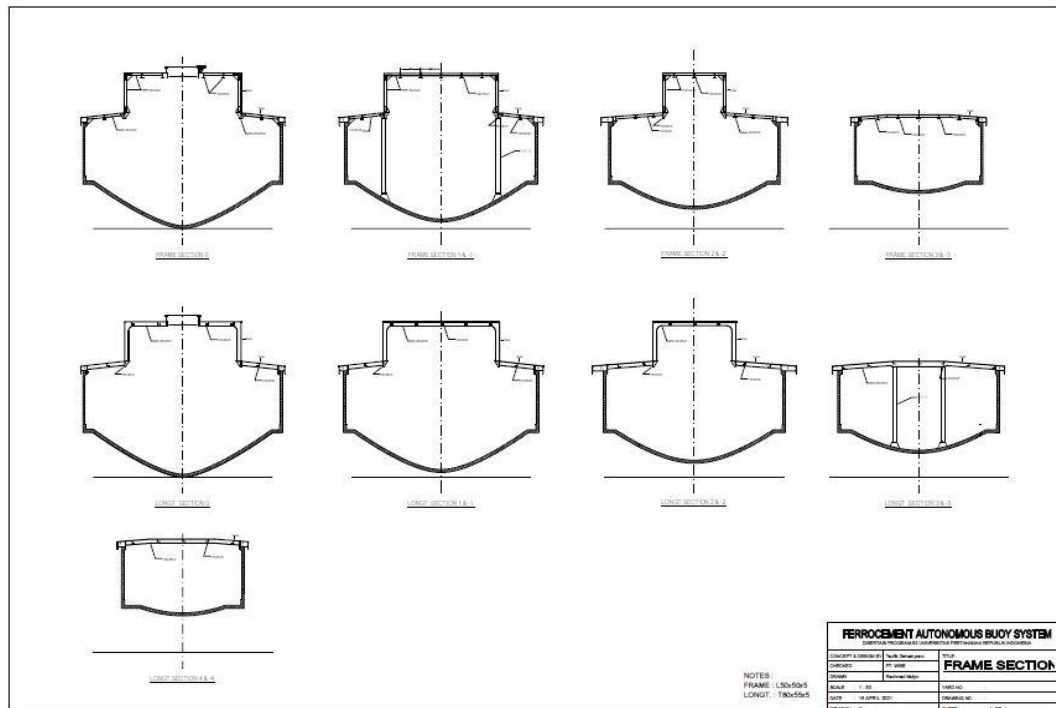


Gambar 5.10 Lines Plan FECABS

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

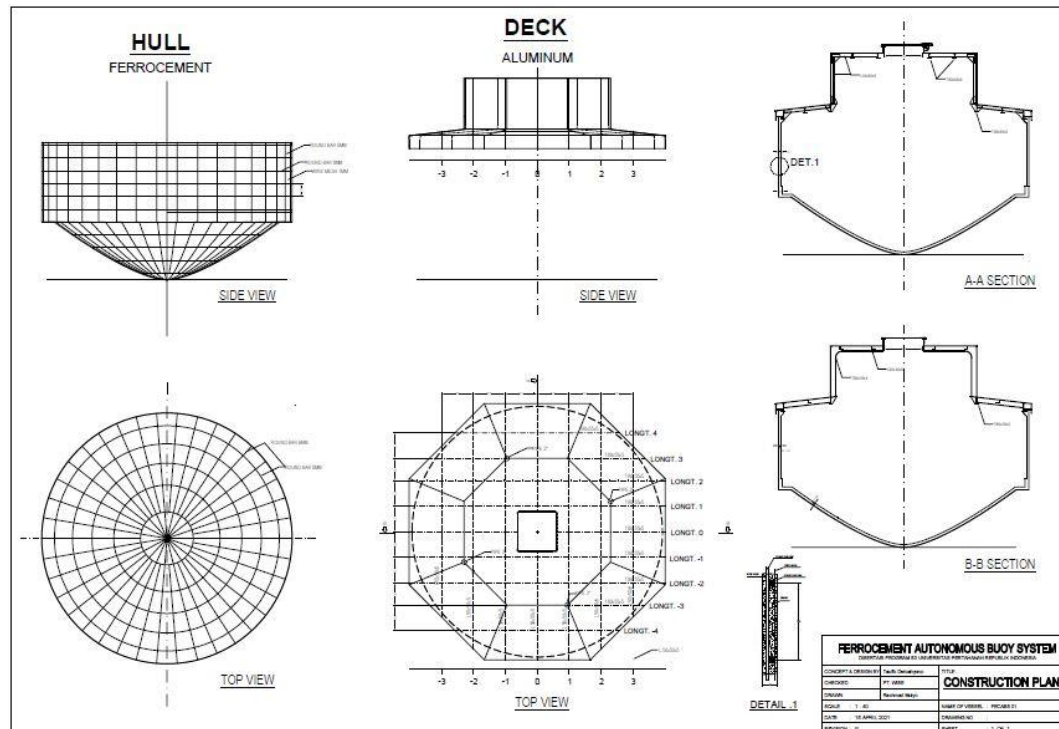
dibagi menjadi dua yaitu *hull* (lambung) dan suprastruktur (bangunan atas). Sarat air FECABS didesain 1,1 m di bawah garis air.



Gambar 5.11 Frame Section FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

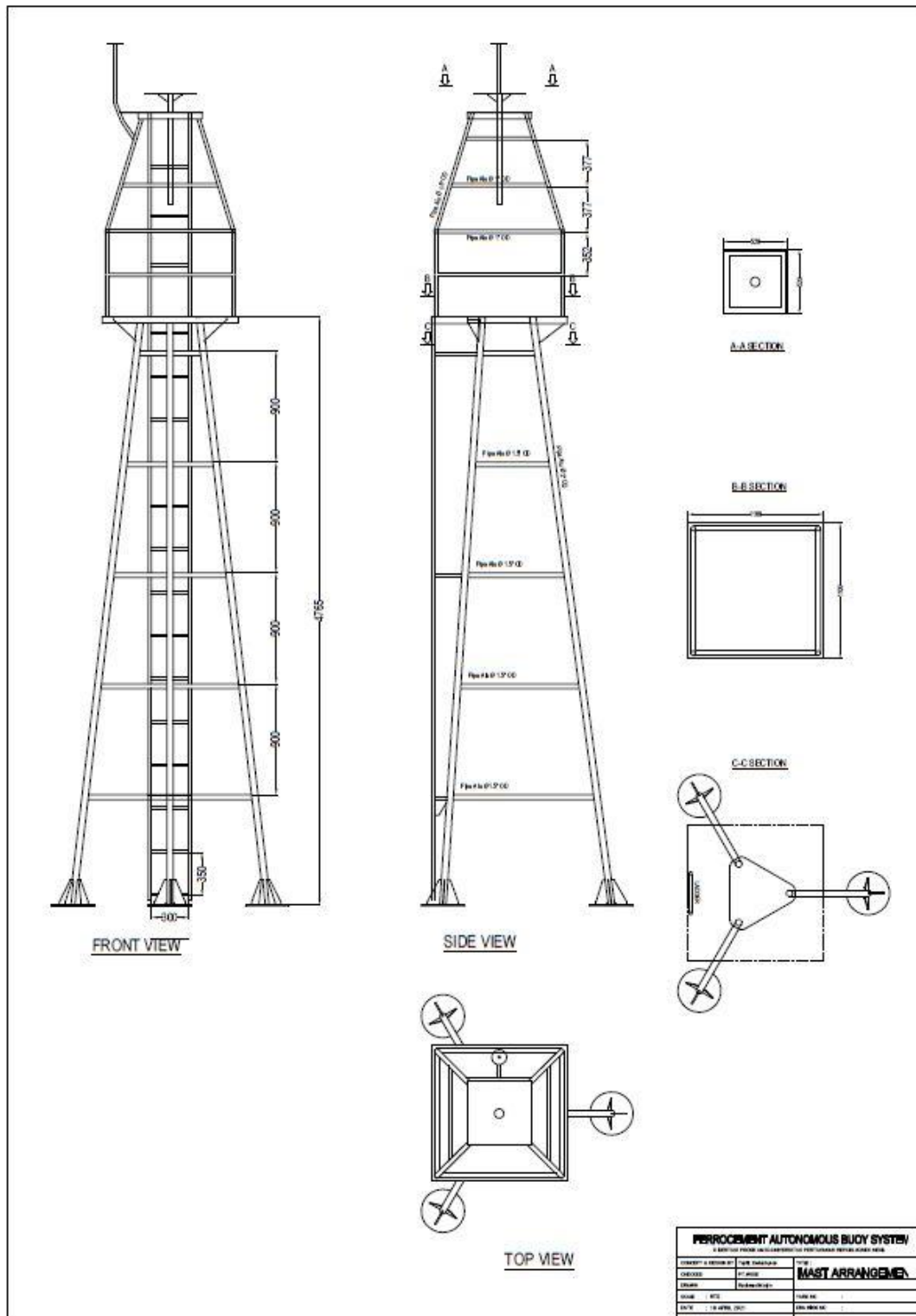
Pada gambar 5.11, FECABS dibagi menjadi beberapa *frame section* yang digunakan dalam pembentukan 3D *shape* FECABS. Pada gambar 5.11, dijelaskan bahwa *hull* FECABS terbuat dari *ferrocement* yang diisi oleh tulangan kawat yang mengelilingi bagian *hull* FECABS. Suprastruktur FECABS terbuat dari aluminium 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.

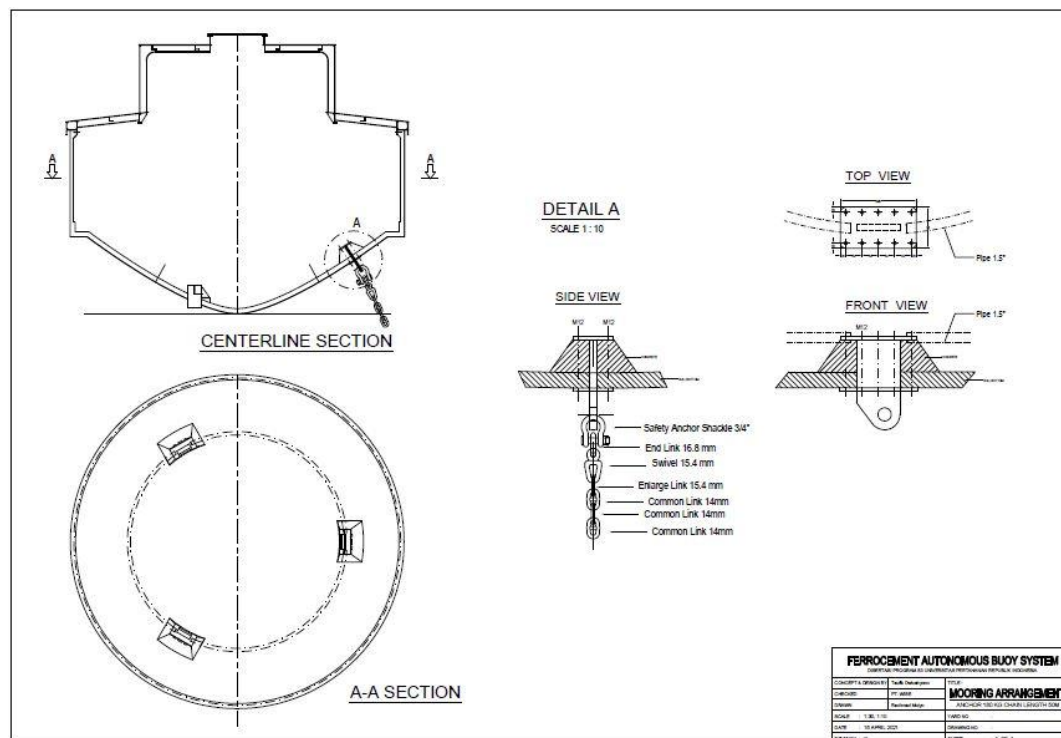


Gambar 5.13 MAST Arrangement FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

MAST dibuat dengan ketinggian 6 meter (Gambar 5.13) sesuai jangkauan radar wilayah *choke point*. Walaupun 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.

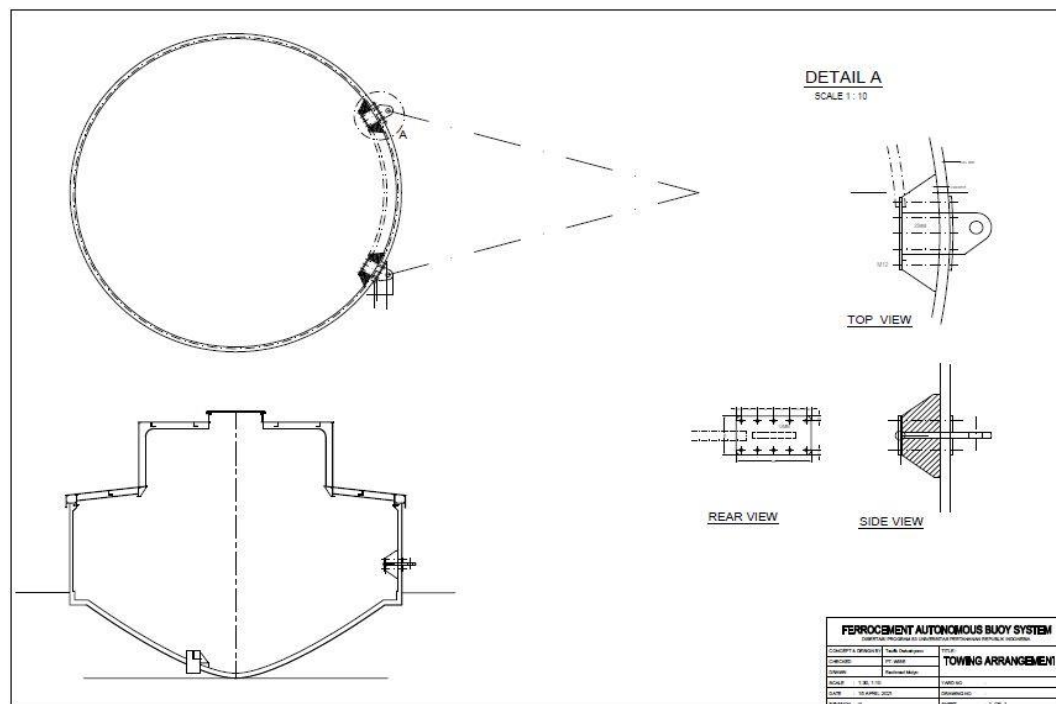
Pada *MAST* FECABS dibuat *stabilizer* yang dipasang pada bagian bawah radar berbentuk bandul sehingga membuat radar jauh lebih stabil. Dengan adanya *stabilizer* akan meningkatkan kestabilan radar dalam mengambil data dan menambah akurasi dari data tersebut. Konstruksi *stabilizer* ini berupa gimbal 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 inci 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.	<i>Ferrocement hull</i>	Memberikan struktur apung yang kuat, stabil dan terjangkau
2.	Aluminium suprastruktur	Memberikan struktur yang ringan, tahan korosi, memudahkan pengerjaan dan instalasi pendukung
3.	Tiang (<i>Mast</i>)	Menjadi tempat berbagai sensor dan memaksimalkan jarak jangkauan radar
4.	Jangkar	Menjaga kestabilan dan posisi FECABS karena pengaruh gaya di laut
5.	<i>Solar system</i>	Menjadi sumber energi terbarukan
6.	<i>Wind turbine</i>	Menjadi sumber energi terbarukan
7.	<i>Stabilizer</i>	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.	<i>Towing system</i>	Menjaga stabilitas saat transportasi di laut
17.	Jendela	Mampu melihat kondisi luar dari dalam
18.	Tangga	Memudahkan teknisi dalam memasang dan <i>maintenance</i> 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 <i>maintenance</i>

Sumber: diolah oleh peneliti