

BAB 6

PEMBANGUNAN *FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM*

6.1 Gambaran Umum Pembangunan FECABS

Secara umum pembangunan adalah suatu kegiatan yang dikerjakan untuk menambah nilai guna suatu benda atau menciptakan benda baru sehingga lebih bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan. Terkait pembangunan FECABS, konstruksi *ferrocement hull* mengikuti ketentuan dari *United Nation - Food and Agriculture Organization (UN-FAO)* mengenai pembangunan *Ferrocement Fishing Boat*. Pembangunan FECABS juga mengacu pada ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) apabila tersedia. Pembangunan FECABS dibagi beberapa tahapan di mulai dari pemilihan material yang digunakan, pengujian material dan proses konstruksi FECABS. Tahapan pembangunan ini akan dijelaskan lebih detail dalam beberapa sub bab.

6.2 Hasil Pengumpulan Data Pembangunan FECABS

Pengumpulan data pembangunan FECABS didapatkan melalui beberapa dokumen juga data empiris dari PT Wahana Indra Sentosa. Dokumen tersebut berisi tahapan pemilihan material *ferrocement* dan cara pengujiannya. Data empiris PT. Wahana Indra Sentosa didapat dari pembangunan beberapa *ferrocement fishing boat*. Data-data tersebut dijabarkan di sub bab di bawah ini.

6.2.1 Material *Ferrocement*

Ferrocement merupakan bentuk konstruksi yang fleksibel dan tahan lama, mudah diperbaiki dan memiliki banyak fitur. Perahu nelayan yang kokoh karena material *ferrocement* dapat dianalogikan dengan industri konstruksi bangunan, ketersediaan material di seluruh dunia sangat baik dan harganya terjangkau. *Ferrocement* merupakan istilah teknis, tidak bisa disamakan dengan beton bertulang biasa. *Ferrocement* dapat didefinisikan sebagai material komposit yang terdiri dari matriks yang terbuat dari mortar

semen hidrolik dan sejumlah lapisan tulangan *wire mesh* baja yang kontinyu dan didistribusikan ke seluruh matriks. Parameter dasar yang menjadi ciri *ferrocement* adalah luas permukaan tulangan spesifik, jumlah fraksi tulangan, lapisan mortar di atas tulangan dan kualitas mortar yang relatif tinggi.

Ferrocement berperilaku seperti beton bertulang dalam karakteristik menahan bebannya, dengan perbedaan penting adalah pertumbuhan retakan dihambat oleh sebaran tulangan yang halus didalam mortar. Hal ini menjadikan material tersebut menarik untuk konstruksi kapal karena sifatnya yang baik dalam menahan retakan. Material ini memiliki kemampuan menahan tersebarnya retakan halus dikombinasikan dengan alkalinitas tinggi dari semen dalam mortar dapat menghambat korosi pada tulangan baja. Keuntungan utama *ferrocement* adalah biaya rendah, kebutuhan keterampilan rendah yang diperlukan untuk membangun konstruksi lambung. Kebutuhan perawatan yang lebih sedikit karena tingkat ketahanan terhadap pembusukan dan korosi yang lebih baik dibandingkan dari kayu dan baja.

Klaim biaya rendah dapat dibuktikan dengan keuntungan yang didapat karena kebutuhan akan keterampilan yang rendah. Misalnya, di negara-negara berkembang dengan angkatan kerja yang tidak terampil, setengah menganggur, dan berupah rendah. Sementara di negara-negara industri, ada sedikit perbedaan antara biaya tenaga kerja terampil dan tidak terampil sehingga keuntungan ini kurang terlihat atau bahkan hilang dalam penggunaan *ferrocement*. Kerugian utama dari *ferrocement* adalah bobotnya dan ketahanan benturannya yang buruk. Namun, kerugian ini hanya membatasi penerapan material, tetapi tidak perlu mengurangi potensinya. Dalam kasus kapal dengan ukuran lebih dari 11 m *length of all* (LOA), berat tidak menjadi masalah. Sedangkan untuk kapal semacam itu, beratnya tidak akan lebih dari kapal baja ukuran serupa. Dampak resistensi yang buruk sebagian besar dapat diatasi pada tahap desain dengan menyediakan perlindungan lambung yang sesuai.

Berikut ini akan dijelaskan bahan yang digunakan dalam konstruksi FECABS:

a. Batang Rangka

Batang rangka yang ideal untuk digunakan adalah dari hasil *cold working high yield* (CWHY) menurut Standar Inggris (BS) 4461 meskipun batang biasa dan *defective stem* dapat digunakan. Untuk yang terakhir mungkin lebih sulit digunakan saat dilas oleh orang yang tidak berpengalaman. Persyaratan mutu baja dan titik leleh minimum akan tergantung pada metode konstruksi yang digunakan, tetapi akan tetap memiliki kekuatan tarik, luluh, keuletan yang cukup dan sifat lain untuk menjadi konstruksi yang baik. Semua tulangan harus bebas dari kontaminasi, gemuk dan karat. Korosi ringan harus harus dihilangkan dengan menggunakan sikat kawat.

b. *Rod reinforcement* (tulang beton)

Rod reinforcement dapat digunakan pada cangkang lambung, lantai dek, sekat dan jaring atau balok penahan. Idealnya tulang beton tersebut berjenis *semi bright hard drawn* (SBHD) berdiameter 6 dan 8 mm untuk tulangan beton sesuai standar BS 4482. Batang baja ringan sampai dengan standar BS 15 juga dapat digunakan tetapi dalam praktiknya akan membutuhkan jarak rangka yang lebih rapat untuk menghindari bengkok dan distorsi karena hasil pengelasan.

c. Jaring Penguat

Jaring yang ideal memiliki mata jaring ukuran 13 x 13 mm x 19 (1 mm) yang dilas sesuai dengan standar BS 4482. Meskipun mata jaring ukuran 18-22 dapat digunakan, mata jaring ukuran 19 ternyata ukuran terbaik dari sudut pandang praktis. Di iklim yang lebih dingin tahan terhadap jamur; di semi-tropis/tropis perlu digalvanisasi. Sedangkan dalam penelitian ini wire mesh menggunakan mata jaring ukuran 2 x 2 cm dengan ketebalan 2 mm untuk membentuk dinding FECABS yang mudah dan rigid.

d. Semen

Semen yang digunakan biasanya Portland biasa. Namun, semen Portland yang cepat mengeras dapat digunakan di iklim dingin. Semen Portland tahan terhadap sulfat karena itu dapat digunakan seluruhnya atau dicampur dengan semen Portland biasa. Umumnya kapal dilindungi oleh cat berstandar *marine* dan *antifouling*, yang sesungguhnya itu penggunaannya hampir tidak perlukan apabila setidaknya semen campuran digunakan, penggunaannya hampir tidak diperlukan, tetapi kehati-hatian tetap diterapkan. Semua semen harus memenuhi BS 12 atau standar lokal yang setara.

Di beberapa negara berkembang mungkin perlu untuk mendapatkan sertifikat komposisi bahan dan tanggal pembuatan, di mana ada kemungkinan kualitas rendah dan pemalsuan antara masa pembuatan dan pengiriman. Ini berarti bahwa semen harus diambil oleh transportasi dan diperiksa oleh orang yang dapat dipercaya saat pengiriman. Idealnya, umur semen tidak lebih dari tiga minggu dan pengiriman selesai dua sampai tiga hari sebelum digunakan. Semen lain dapat dipertimbangkan asalkan memiliki kekuatan, kepadatan, dan konsistensi seragam yang memadai.

e. Pasir

Pentingnya pasir bersih, dan bergradasi baik, tidak perlu terlalu ditekankan untuk membuat mortar tahan air bermutu tinggi yang diperlukan untuk pembuatan kapal. Pasir akan bersifat *silicious* yang sesuai dengan *grading envelope*. Pasir tidak boleh mengandung sulfat, pirit, atau zat aktif kimiawi lainnya dalam jumlah tertentu sehingga campurannya rusak. Jika pasir laut akan digunakan, pasir harus dicuci sehingga bebas dari garam. Pasir tidak boleh mengandung tanah liat atau tanah liat yang menempel dan menutupi butiran pasir. Pasir tidak mengandung asam humat atau bahan organik dalam jumlah yang dapat merugikan. Sebaiknya, pasir harus 'tajam' dan tidak mengandung mineral non-kristal. Pasir harus disimpan di tempat yang sekering mungkin dan agar kadar airnya

seimbang. Selain itu, pasir juga harus dilindungi dari polusi. Oleh karena itu, pasir yang digunakan selalu dicuci bersih sebelum digunakan.

f. Bahan aditif

Banyak aditif yang tersedia saat ini sehingga harus diuji terlebih dahulu sebelum direkomendasikan. Jika akan dipergunakan, ketelitian dan pertimbangan harus dipertimbangkan. Tiga kriteria utama harus dipertimbangkan saat menerapkan aditif ini:

- a) Apakah kekuatan mortar meningkat atau menurun?
- b) Bagaimana pengaruh campuran pada tulangan baja.
- c) Praktis atau tidaknya penggunaan ini di lokasi untuk mendapat aditif yang tepat.

g. Senyawa perekat

Dengan munculnya metode baru untuk menyambung beton, banyak senyawa perekat tersedia untuk membuat sambungan 'basah' dalam struktur semen. Dianjurkan untuk melakukan tes terlebih dahulu bahan-bahan tersebut sebelum digunakan. Untuk sambungan dalam konstruksi dan perbaikan lambung, resin polisulfida epoksi yang terdiri dua komponen akan memberikan ikatan yang sangat baik. Jika ini tidak dapat diperoleh, nat semen yang diaplikasikan dengan baik akan tetap memberikan hasil yang lebih ideal dari beberapa lem *Polyvinyl alcohol* (PVA) yang umumnya tersedia di dalam industri konstruksi bangunan.

h. Air

Air pencampur harus memenuhi persyaratan BS 3148. Air harus dapat diminum, bersih, dan bebas dari garam berbahaya atau bahan asing yang dapat merusak kekuatan dan ketahanan mortar. BS 3148 memberikan rincian pengujian air untuk beton dengan membandingkan sifat beton yang terbuat menggunakan sampel air tertentu dengan beton serupa yang dibuat dengan air suling. Oleh karena itu pemeriksaan biasanya akan dilakukan di laboratorium.

6.3 Hasil Pengolahan Data Pembangunan FECABS

Setelah didapatkan data dari berbagai sumber dokumen dan observasi, maka penelitian dapat dilanjutkan dengan melakukan pengolahan data dan melakukan tahapan konstruksi FECABS. Sebelum konstruksi FECABS dilakukan, sesuai prosedur dalam FAO terdapat pengujian material yang perlu dilakukan untuk melaksanakan pembangunan FECABS. Pengujian ini tidak dilakukan tetapi diambil pengalaman empiris dari PT Wahana Indra Sentosa yang sudah melakukan pembuatan *ferrocement fishing boat*. Khusus pengujian kekuatan *ferrocement* dilakukan hanya di tahap akhir setelah konstruksi dibuat dan *mature* untuk mengetahui kekuatan final dari dinding FECABS dengan dibuat beberapa coupon untuk uji coba.

6.3.1 Pengujian material Ferrocement

Pengujian material memainkan peran penting bagi integritas material dan kepuasan semua pihak yang berkepentingan dalam pembangunan *ferrocement* yang kuat. Pengujian material *ferrocement* ini dibagi menjadi dua bagian. Pengujian pertama adalah persyaratan baku pembangunan pada umumnya yang mampu dilakukan di lokasi. Pengujian kedua adalah pengujian yang lebih jauh untuk mencari pemenuhan persyaratan lembaga klasifikasi dan penyelidikan sebelum melakukan pekerjaan. Penelitian ini tidak melakukan pengujian bahan material *ferrocement* di awal pembangunan, melainkan dilakukan setelah proses pembangunan dengan pengujian kekuatan struktur *ferrocement*. Dengan demikian peneliti hanya memberikan informasi terkait konstruksi FECABS sesuai tahapan prosedur dari FAO. Berikut dijelaskan beberapa pengujian pertama yang dilakukan pada material *ferrocement*.

6.3.1.1 Uji kompresi

Uji kompresi dilakukan pada sampel kubus atau silinder yang diambil dari penampang campuran selama pengecoran lambung *ferrocement* dan

bagian konstruksi lainnya yang dicetak pada hari yang berbeda. Ukuran kubus atau silinder akan ditentukan oleh otoritas pengujian setempat.

6.3.1.2 Uji Slump

Uji *slump* adalah cara praktis untuk mengukur konsistensi campuran. Karena perubahan nilai *slump* yang diperoleh mengindikasikan perubahan material pada kadar air atau proporsi campuran. Oleh karena itu berguna untuk mengontrol kualitas mortar yang dihasilkan. Alat tersebut terdiri atas cetakan baja diameter atas 100 mm, dasar 200 mm dan tinggi 300 mm, lengkap dengan diameter 16 mm.

6.3.1.3 Pengambilan sampel semen

Sampel semen yang diambil untuk tujuan pengujian harus mewakili pengiriman dan diambil dalam waktu satu minggu setelah pengiriman. Ini merupakan campuran dari setidaknya 12 sub-sampel yang sama yang diambil dari 12 kantong terpisah dalam kiriman. Sampel harus memiliki berat minimal 7 kg dan disegel dalam wadah kedap udara, dengan keterangan yang relevan ditandai dengan jelas di bagian luar.

6.3.1.4 Pengujian dan praktik pasir

a. Bulking of sand

Jika campuran ditentukan berdasarkan volume, pasir dianggap kering. Volume dari berat pasir bervariasi menurut kadar airnya. Bobot yang sama untuk pasir kering dan pasir tergenang memiliki volume yang hampir sama tetapi berat pasir yang sama dalam kondisi lembab dapat memiliki volume 40% lebih besar. Fenomena ini dikenal sebagai '*bulking*'.

b. Menguji kontaminasi pasir

Pasir biasanya dicuci untuk menghilangkan tanah liat, lanau, dan kotoran lainnya, yang jika dalam jumlah berlebihan, menghasilkan mortar berkualitas buruk. Panduan tentang jumlah tanah liat dan lumpur di pasir

dapat diperoleh dari uji pengendapan lapangan. Jumlah tanah liat dan lumpur di pasir dapat dianggap dapat diterima jika tidak melebihi 10%.

c. Analisa saringan pasir

Analisis saringan pasir dilakukan sesering yang diperlukan untuk mempertahankan gradasi pasir yang benar. Grading agregat pasir untuk *ferrocement* ditemukan dengan melewatkan sampel pasir kering yang representatif melalui serangkaian saringan BS No. 7, 14, 25, 52, 100 (atau standar ekivalen lokal), dimulai dengan saringan terbesar.

6.3.1.5 Air : rasio semen (berat)

Dua sifat penting dari mortar yang mengeras adalah daya tahan dan kekuatan. Keduanya terkait erat dengan kepadatan. Secara umum, semakin banyak mortar dipadatkan, semakin kuat dan tahan lama. Mortar harus padat agar tahan terhadap air dan untuk melindungi tulangan secara memadai. Kekuatan dan daya tahan mortar diatur oleh jumlah air yang digunakan untuk pencampuran, tetapi keseluruhan gradasi agregat memiliki efek tidak langsung.

6.3.1.6 Semen : rasio pasir (berat)

Rasio semen: pasir ditetapkan antara 0,4 dan 0,6, untuk pasir kering. Dari pengalaman, nilainya harus lebih dekat 0,6, meskipun banyak perahu telah dibangun dengan menggunakan 0,5 sebagai rasio.

6.3.1.7 Tes tambahan

Tes tambahan lebih lanjut hampir pasti akan diperlukan jika kapal dibuat untuk klasifikasi. Banyak dari pengujian ini dapat digunakan oleh pembuat untuk memperbanyak informasi tentang bentuk konstruksi tertentu yang dapat dilakukan walaupun jika strukturnya tidak dibangun sesuai aturan. Karena kebutuhan, pembuat harus memiliki fasilitas pengujian yang

benar dan spesimen harus memiliki ukuran yang sesuai dengan peralatan pengujian.

1. Pengujian tarik dan pengujian kompresi pada material yang diperkuat

Uji tarik dapat dilakukan pada *ferrocement* untuk menetapkan hubungan antara tegangan tarik dan perpanjangan materialnya.

2. Uji tarik pada spesimen yang tidak diperkuat

Kekuatan tarik dapat ditentukan dengan uji silinder terpisah menggunakan peralatan serupa seperti pada uji kompresi. Namun, kekuatan tarik sebenarnya akan berada di antara 50 dan 70% dari 'kekuatan tarik' pemisahan.

3. Uji tekuk dengan bahan yang diperkuat

Uji tekuk dapat dilakukan pada *ferrocement* untuk mengetahui hubungan antara momen lentur, tegangan tekuk tarik dan elongasi.

4. Tes kelelahan lentur

Uji kelelahan lentur juga dapat dilakukan pada benda uji konstruksi lambung.

5. Uji dampak

Uji tumbukan dapat dilakukan pada panel yang diperkuat dengan menggunakan *drop weight*. Kegagalan terjadi saat panel uji mengalami kebocoran

6.3.2 Konstruksi FECABS

Konstruksi FECABS dibangun berdasarkan referensi FAO dalam pembangunan kapal penangkap ikan *ferrocement*. Teknik konstruksi ini telah dicoba oleh PT Wahana Indra Sentosa pada pembangunan kapal ferrocement yaitu kapal ikan 6GT. Konstruksi FECABS dibagi menjadi dua bagian yaitu lambung bagian bawah FECABS (*hull*) terbuat dari material

ferrocement sedangkan bagian atas FECABS (*suprastructure*) terbuat dari material aluminium.

6.3.2.1 Pembuatan Meja Kerja FECABS

Sebelum masuk ke proses pembuatan *moulding* FECABS, di area *workshop* disiapkan untuk pembuatan meja kerja FECABS. Meja kerja FECABS tersebut dibuat dengan material besi yang dilas. Ukuran besi siku meja kerja FECABS tersebut adalah 4,5 m x 4,5 m. Ukuran meja kerja ini cukup pembangunan FECABS dengan dimensi diameter 4 m. Berikut di bawah ini meja kerja FECABS yang telah dibuat.



Gambar 6.1 Meja Kerja FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.2 Pembuatan Rangka Moulding FECABS

Pembuatan rangka *moulding* FECABS menggunakan beberapa material berupa lembaran *multyplay* dan kayu-kayu kaso. Lembaran *multyplay* berukuran tebal 18 mm berjumlah 8 lembar. Sedangkan untuk kayu kaso berukuran 4 x 6 cm untuk menyangga rangka *moulding* FECABS agar kokoh berdiri. Berikut di bawah ini dokumentasi terkait material untuk pembuatan rangka *moulding* FECABS.



Gambar 6.2 *Multyplay* 18 mm untuk *moulding* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti



Gambar 6.3 Kayu Kaso 4 x 6 cm

Sumber: diolah oleh peneliti

Selanjutnya material *multyplay* tersebut dibentuk sesuai dengan gambar FECABS yang didesain. *Multyplay* dibentuk melingkar menjadi bekisting bagian bawah *moulding*. *Moulding* ini dibuat untuk membentuk *hull* FECABS sesuai ukuran yang telah ditentukan, sehingga memudahkan proses pembangunan *hull* FECABS sesuai desain yang telah dibuat. Berikut peneliti sajikan bekisting bawah untuk *moulding* FECABS.



Gambar 6.4 Bekisting bawah *moulding*

Sumber: diolah oleh peneliti

Pembuatan rangka *moulding* FECABS dibuat dengan menggunakan *frames* yang disusun melingkar sehingga membentuk *hull* FECABS. *Frame* tersusun pada meja kerja FECABS. Berikut peneliti sajikan proses pembuatan rangka *moulding* FECABS di bawah ini.



Gambar 6.5 Pembuatan rangka bagian dalam *moulding* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah *frame* disusun, proses selanjutnya adalah penutupan rangka *frame* tersebut dengan lembaran *multyplay*. Semua bagian rangka *frame* dipastikan tertutup seluruhnya untuk menjaga kekuatan FECABS dan kerapian dalam proses pengecoran. Struktur *moulding* FECABS menjadi kokoh karena seluruh *frame* tertutup rapi oleh lembaran *multyplay*. Berikut peneliti sajikan proses penutupan rangka *moulding* FECABS di bawah ini.





Gambar 6.6 Proses penutupan rangka *moulding* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Proses selanjutnya adalah pelapisan *moulding* FECABS menggunakan resin. Resin yang digunakan adalah YUKALAC 157 BQTN-EX. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar lapisan *multyplay* kedap air dan tidak rusak pada saat proses pengecoran. Berikut peneliti sajikan proses pelapisan rangka *moulding* FECABS dengan menggunakan resin di bawah ini.





Gambar 6.7 Pelapisan resin pada *moulding* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.3 Pembuatan *Reinforcement* (Penulangan) FECABS

Struktur batang rangka terbagi menjadi dua yaitu batang rangka horizontal dan vertikal. Batang rangka berupa besi behel untuk *reinforcement* FECABS dibuat langsung mengikuti bentuk melingkar dari *moulding*. Struktur melingkar dari batang rangka disusun secara horizontal dengan jarak 10 cm pada *moulding hull* FECABS. Begitu juga dengan batang rangka vertikal disusun dengan jarak 10 cm. Pertimbangan pertama dalam membuat rangka adalah menentukan metode terbaik untuk membengkokkan batang rangka. Cara terbaik untuk mendapatkan bentuk melingkar yang akurat dari batang rangka menggunakan *bar roller*. Setiap batang rangka vertikal berdiameter 8 mm, dan 6 mm untuk batang rangka horizontal. Berikut peneliti sajikan proses pembuatan *reinforcement* FECABS di bawah ini.



Gambar 6.8 Proses pembuatan *reinforcement* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah pembuatan *reinforcement* FECABS, dilakukan perkuatan dengan menggunakan *spacer ceramic* untuk memberi jarak antara *wire mesh* dengan permukaan dinding sehingga *wire mesh* terbungkus mortar secara sempurna. *Spacer ceramic* memiliki ketebalan 6 mm dipasang berjarak 20 cm. *Spacer ceramic* berfungsi sebagai *decking* (pengganjal) yang memberi jarak antara *wire mesh* dengan permukaan dinding. Berikut peneliti sajikan proses pemasangan *wire mesh* pada FECABS di bawah ini.



Gambar 6.9 Proses pemasangan *spacer ceramic* dan *wire mesh* pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Dinding silinder FECABS memiliki ketebalan 4 cm, sedangkan untuk bagian bawah FECABS yang berbentuk mangkuk memiliki ketebalan 6 cm. Komposisi ketebalan FECABS itu terdiri atas beberapa lapisan, lapisan pertama adalah *galvanis wire mesh* memiliki dimensi 25 mm x 25 mm dan ketebalan kawat 2 mm, lapisan kedua adalah rangka batang besi dengan diameter 8 mm dan 6 mm, lapisan ketiga adalah *wire mesh* kembali dengan ukuran yang sama. Diantara lapisan tersebut akan diisi dengan *mortar*. Berikut peneliti sajikan proses pemasangan lapisan dinding FECABS di bawah ini.



Gambar 6.10 Proses pemasangan komposisi lapisan dinding FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Universitas Pertahanan RI

6.3.2.4 Penempatan *Towing, Mooring, Sonar & Tangga Bracket* FECABS

Penempatan *brackets* FECABS ini disambungkan dengan struktur baja agar gaya yang terjadi pada FECABS didistribusikan keseluruh struktur rangka FECABS. Pemasangan *bracket* dilakukan sebelum pengecoran dengan *mortar*. *Bracket* yang dipasang pada FECABS terdiri atas beberapa fungsi yaitu *towing bracket*, *mooring bracket*, *sonar bracket* dan *bracket* tangga. Berikut peneliti sajikan proses penempatan *bracket* pada dinding dan bawah FECABS di bawah ini.



Gambar 6.11 Proses penempatan *bracket* pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Penempatan *bracket* pada FECABS dilakukan dengan sistem *welding* antara *bracket* dan besi dari hasil *reinforcement* FECABS. Hal ini dilakukan terhadap masing-masing *bracket* baik itu untuk *towing*, *mooring*, sonar dan tangga.

6.3.2.5 Pekerjaan persiapan sebelum pengecoran

Pekerjaan persiapan sebelum pengecoran dengan *mortar* yang dilakukan terhadap FECABS adalah membuat bekisting diarea sekeliling dinding *hull* FECABS dan *moulding* bagian *bottom* FECABS. Bekisting adalah sebuah cetakan yang bersifat sementara. Bekisting tersebut digunakan untuk menahan beton selama beton tersebut dituang dan dibentuk sesuai keinginan penggunaannya. Cetakan ini kemudian akan dibuka jika telah memenuhi standar pada awal penetapan. Hal ini berguna untuk pengerasan beton agar cukup kuat menahan beban sendiri dan beban lainnya.

Bekisting tersebut dibuat dengan menggunakan material triplex dan beberapa kayu untuk menahan dan memperkuat bekisting. Kayu tersebut ditempatkan dibelakang triplex dengan masing-masing jarak antar kayu sejauh 1 meter agar kekuatan bekisting merata dalam menahan adukan *mortar* saat dituangkan dalam proses pengecoran FECABS. Bekisting dipasang sejauh 4 cm dari sisi dinding bagian dalam FECABS. Berikut peneliti sajikan proses pembuatan bekisting untuk dinding *hull* FECABS di bawah ini.



Gambar 6.12 Proses pembuatan bekisting untuk dinding *hull* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Sangatlah penting untuk memiliki periode pengecoran yang teratur, dengan melakukan persiapan awal yang mencakup hal-hal berikut:

- a) benar-benar memastikan bahwa bahan yang diperlukan untuk mortar sudah sesuai kebutuhan.
- b) periksa semua las penguat rangka di area yang akan diberi mortar terutama di sekitar lambung.
- c) memeriksa struktur *hull* : pastikan kawat pengikat tulangan terpasang kuat dipotong pendek; tidak ada ujung yang tumpang tindih jaring atau terjepit;
- d) memeriksa bahwa tidak ada puing atau benda asing di dekat struktur *hull* FECABS;
- e) memeriksa semua peralatan untuk pengecoran tersedia;
- f) memeriksa dan menjalankan molen untuk mulai pengaduk mortar;
- g) pastikan tangki air benar-benar bersih sebelum diisi;
- h) periksa pasokan semen dan tempatkan berdekatan dengan posisi mortar;
- i) memeriksa struktur bangunan yang menaungi FECABS terhadap hujan, matahari atau angin;
- j) periksa semua bahan tambahan seperti aditif tersedia untuk awal pengecoran;
- k) membersihkan semua area lantai termasuk struktur dan *moulding* dari *hull* FECABS untuk memastikan mortar melekat dengan baik.

Siapkan rencana alternatif jika terjadi permasalahan pada pasokan listrik, molen dll. Perisipan ini dibatasi oleh hari pengecoran yang dijadwalkan sehingga harus dipastikan semua sudah siap jauh sebelum pengecoran.

6.3.2.6 Pengecoran dengan mortar

Proses pengecoran FECABS dengan *mortar* memerlukan beberapa komposisi bahan *mortar* dan peralatan yang akan digunakan. Berbagai jenis pasir yang digunakan dalam membuat *ferrocement* dapat bersih bebas

dari lumpur dan lain-lain. Penelitian Berikut komposisi bahan dan peralatan yang diperlukan untuk proses pengecoran.

- a. Pasir Cor sebanyak 1,5 m³;
- b. Pasir Abu Batu sebanyak 100 kg;
- c. Semen 3 Roda (Portland) 15 zak@ 50 kg;
- d. Pengeras aditif beton 5 liter warna botol coklat;
- e. Pengki 4 bh;
- f. Ember cor 4 bh;
- g. Sekop adukan 1 bh;
- h. Sendok bata besar 2 bh;
- i. Cangkul 1 bh;
- j. Mesin molen 1 unit;

Pasir yang digunakan adalah pasir cor/pasir Jalupang. Menurut FAO berbagai jenis pasir dapat digunakan dengan syarat harus bersih dari kontaminasi. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Jalupang. Pasir Jalupang ini adalah salah satu pasir yang berasal dari provinsi Banten selain pasir cilegon dan pasir rangkas. Pasir ini ditambang di daerah pegunungan dan mengandung silika yang cukup banyak sehingga mempermudah pencampurannya dengan semen. Pasir ini berwarna coklat dan bertekstur halus. Pasir Jalupang biasanya digunakan untuk campuran dalam pembuatan beton yang dicampurkan bersamaan dengan batu dan juga kerikil. Hasil campuran tersebut dinilai bisa membuat bangunan menjadi kokoh dan tidak mudah rapuh. Selain itu kandungan lumpur pada pasir ini juga tergolong rendah. Berikut peneliti sajikan pasir Jalupang yang digunakan untuk bahan *ferrocement* di bawah ini.



Gambar 6.13 Pasir Jalupang untuk bahan *ferrocement*

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah semua komposisi bahan *mortar* tersedia, pasir dicuci untuk menghilangkan lumpur-lumpur yang menempel di pasir agar pasir bersih dan menempel kuat pada struktur. Pencucian pasir Jalupang dengan menggunakan molen dan air bersih untuk menghilangkan lumpur. Pasir yang sudah bersih dari lumpur sangat penting bagi keperluan pengecoran, karena dalam pembentukan *ferrocement* dengan kualitas yang terbaik agar tidak ada retak rambut. Di bawah ini disajikan proses pencucian pasir Jalupang dengan menggunakan molen.



Gambar 6.14 Proses pencucian pasir Jalupang dengan molen yang digunakan sebagai bahan *ferrocement*

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah proses pencucian pasir sudah selesai, tim siap melakukan pengecoran, dengan terlebih dahulu melakukan *briefing* untuk meminimalisir kesalahan. Pengarahan dilakukan terkait beberapa hal penting yang perlu cermati diantaranya tahapan kerja, masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan teknik pengecoran yang berkelanjutan. Seperti halnya pengecoran beton pada umumnya. Berikut dokumentasi pengarahan sebelum dilakukan pengecoran di bawah ini.



Gambar 6.15 Pengarahan sebelum memulai pengecoran pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Proses pencampuran bahan *mortar* dilakukan menggunakan molen untuk mencampur bahan-bahan *mortar* dengan perbandingan pasir Jalupang 5 ember : pasir abu 5 ember : semen 1 zak : aditif (penguat beton) 500 ml : air secukupnya yang sudah tersedia. Komposisi *mix design* untuk mortar ini adalah 40 kg semen, 80 kg pasir, air maksimal 30 liter dan 1 kg aditif. Untuk aditif (penguat beton) dipilih merk Beton Mix dengan Reg No.IDM000604742. Untuk semen dipilih semen tipe 1 (*ordinary*), karena semen ini banyak ketersediannya di Indonesia. Campuran tersebut menghasilkan mortar yang memiliki tekstur kental dan mudah diaplikasikan. Campuran bahan-bahan mortar dimasukkan ke dalam molen diaduk hingga tercampur rata dan mengental. Saat eksekusi pengecoran dilakukan, ditemukan kesulitan yaitu campuran *mortar* sulit untuk dimasukkan ke

dalam cetakan menggunakan bekisting. Diputuskan bekisting yang sudah dipasang sekeliling rangka FECABS dilepas menghindari terjadinya distribusi *mortar* yang tidak merata terhalang rangka besi dan menghasilkan dinding yang berlubang. Berikutnya aplikasi *mortar* ke dalam struktur menggunakan *professional wall mortar sprayer gun* dan dibantu sendok semen secara manual.



Gambar 6.16 Proses pencampuran adukan *Ferrocement* menggunakan molen

Sumber: diolah oleh peneliti

Apabila proses pengadukan mortar selesai di tuangkan ke dalam tempat drum penampungan yang akan diambil menggunakan ember dan dimasukkan kedalam *professional wall mortar sprayer gun*. Mortar ditembakkan menggunakan *sprayer* ke *moulding* dengan memperhatikan semua lubang diantara *wire mesh* juga tulang beton tertutup dan terisi rapat tanpa celah di semua bagian. Hal ini dilakukan dengan menembakan adukan dimulai dari atas karena pengaruh gravitasi adukan mortar akan turun kebawah. Ketebalan dinding FECABS yang diinginkan sekitar 3 – 4 cm. Dimana 4 cm lebih diharapkan karena memiliki sifat *heavy duty* dan lebih aman. Permukaan semen hasil penyemprotan menggunakan *sprayer* dihaluskan menggunakan sendok semen dengan memastikan aplikasi

semen merata dan halus. Berikut peneliti sajikan pengecoran pada dinding FECABS di bawah ini.



Gambar 6.17 Proses pengecoran pada dinding FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah pengecoran dinding FECABS selesai maka dilanjutkan pengecoran pada bagian *bottom* FECABS. Pengecoran pada bagian *bottom* FECABS dilakukan secara manual dengan menuangkan adukan secara langsung menggunakan ember mengandalkan gravitasi untuk *mortar* menempel di struktur. Tahap pengecoran *bottom* FECABS untuk lapisan awal tekstur *mortar* dibuat tidak begitu kental, untuk memudahkan adukan turun secara merata karena gravitasi. Lapisan di atasnya dibuat kental sehingga *bottom* FECABS mudah dibentuk dan menutup celah-celah

yang ada di *wire mesh*. Setelah proses aplikasi *mortar* selesai dihaluskan sedemikian rupa hingga mencapai ketebalan yang diinginkan.



Gambar 6.18 Proses pengecoran pada *bottom* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Keesokan harinya koreksi pada permukaan dinding FECABS dilakukan dengan menggunakan adukan semen dan air dalam rangka menutup dan memperhalus dinding.



Gambar 6.19 Proses penghalusan pada seluruh dinding FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

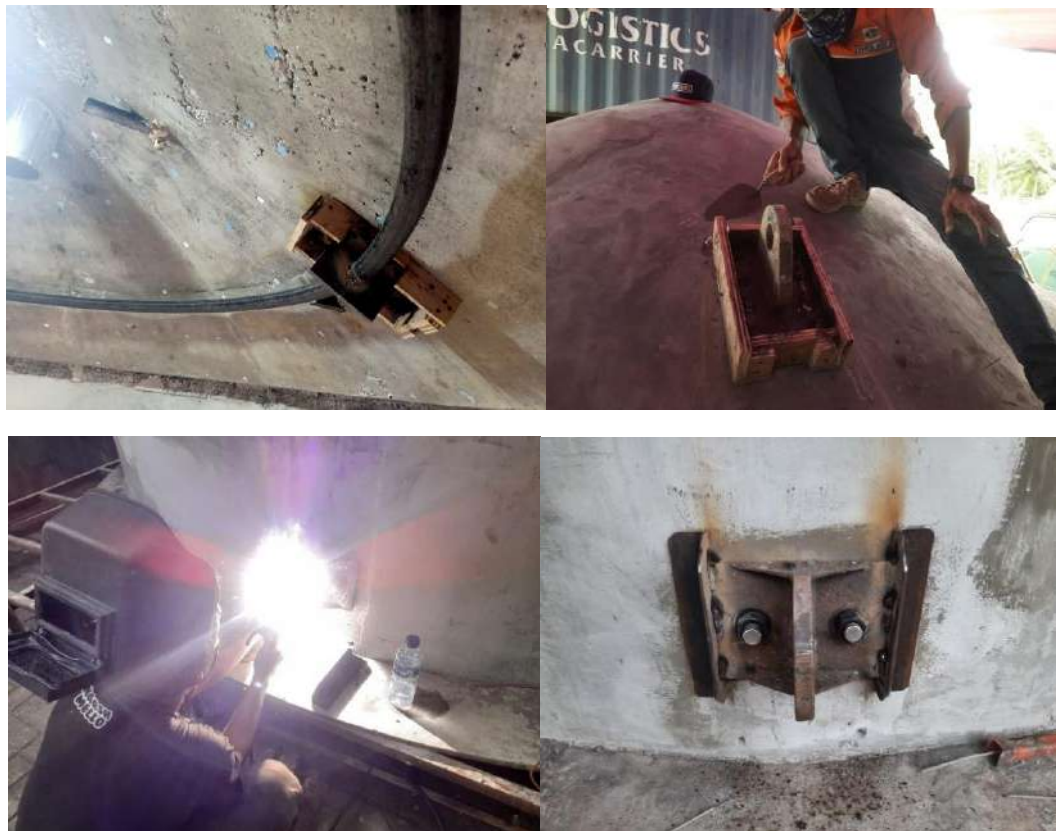
Proses selanjutnya adalah pelapisan kedap air menggunakan 2 komponen berbahan dasar semen. Pelapisan kedap air ini dipakai *SikaTop – 107 Seal ID*. Pelapisan ini sangat berguna bagi FECABS agar tidak terjadi rembesan air yang dapat membahayakan peralatan di dalam FECABS seperti *battery*, meja, kursi, sistem komunikasi dan sistem kelistrikan jangka panjangnya mencegah FECABS tenggelam. Proses ini mudah dilakukan cukup memberikan pelapisan kedap air tersebut dengan menggunakan kuas pada semua sisi permukaan dinding dan *bottom* FECABS baik dari dalam dan luar.



Gambar 6.20 Proses pelapisan kedap air pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah pelapisan kedap air dilakukan, dilanjutkan penguatan pada *mooring bracket* dari FECABS setelah menunggu 2 minggu mengering. Selain itu dilakukan juga penguatan dengan las pada *lifting pad* FECABS sehingga saat dipindahkan FECABS tetap aman tidak mengalami kerusakan maupun keretakan. Gambar disajikan di bawah ini.



Gambar 6.21 Penguatan *mooring bracket*, *lifting pad* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.7 Pembuatan Suprastruktur dan Tiang (*Mast*) FECABS

Proses pembuatan suprastruktur dan *mast* FECABS dilakukan secara bertahap. Pembuatan bagian-bagian FECABS tersebut berdasarkan *design* struktur *hull* FECABS. Pekerjaan tersebut dibagi menjadi dua yaitu pembuatan gambar kerja dan fabrikasi. Pembuatan gambar kerja dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu *general arrangement* suprastruktur, tiang (*mast*) FECABS, *detail frame section*, gambar detail fabrikasi. Pemotongan material yang akan digunakan untuk suprastruktur dan *mast* disesuaikan gambar kerja yang dibuat.

Pekerjaan fabrikasi suprastruktur FECABS didukung oleh sumber daya manusia, peralatan yang memadai, bahan-bahan *consumable*, dan material aluminium. Sumber daya manusia (*man power*) yang dimanfaatkan dalam pembuatan suprastruktur FECABS antara lain *supervisor*, *foreman*,

QC, welder, fitter, helper, electrician, designer dan drafter. Berikut peralatan yang digunakan dalam fabrikasi suprastruktur.



(a) Welding Machine (GMAW & SMAW)



(b) Circle Machine



(c) Jig Saw Machine



(d) Grinding Machine



(e) Cutting Wheel Machine



(f) Water Pass



(g) Siku Teken



(h) Roll Tape Meter



(i) Pointer



(j) Metal Marker



(k) Jangka Kaki



(l) compressor

Gambar 6.22 Peralatan pembuatan suprastruktur FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Bahan-bahan *consumable* yang digunakan dalam pembuatan suprastruktur FECABS diantaranya *Welding Rod* atau Kawat Las Aluminium 5356, *Welding Rod* Lb52(7016), Batu gerinda potong, Batu gerinda polos, *Wire Brush* dan Gas Argon. Sedangkan untuk material aluminium yang digunakan adalah Plat Aluminium *marine grade* 5052 tebal 5 mm, Pipa Aluminium *marine grade* 6063 diameter 76mm, 52mm, 38mm & 30mm, Plat Bordes Aluminium *marine grade* 5052 5mm dan Besi siku Aluminium 50 mm x 50 mm, tebal 5 mm *marine grade* 6063. Berikut peneliti sajikan beberapa material untuk pembuatan suprastruktur FECABS di bawah ini.





Gambar 6.23 Material Suprastruktur dan Tiang FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah persiapan bahan dan peralatan tersedia, proses pekerjaan dapat dimulai dari pengukuran, pemotongan, *fit up* (penyetelan sesuai gambar yang ada), pengelasan, penghalusan permukaan pasir, *wire brush*, pengecatan dasar dan pengecatan akhir. Pembuatan suprastruktur dilakukan sesuai gambar kerja yang telah dibuat. Kemudian, pemotongan plat aluminium dilakukan sesuai bagian-bagian dari suprastruktur FECABS. Pemotongan aluminium tersebut mengikuti pola pemotongan dari hasil di *print out* skala 1 : 1. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dan memperkecil kesalahan dalam proses pemotongan. Berikut peneliti sajikan proses pemotongan aluminium untuk *top deck* FECABS di bawah ini.



Gambar 6.24 Proses Pemotongan Aluminium untuk FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah proses pemotongan telah selesai maka dilanjutkan pengelasan bagian-bagian suprastruktur dengan menggunakan mesin las argon untuk aluminium. Kawat las yang digunakan adalah *marine grade 5356*. Kelas kawat tersebut memiliki spesifikasi adalah tahan karat, lebih kuat dari logam dasar-sampai 45,900 psi, dapat digunakan untuk setiap sumber panas, seperti propana, butana, mapp, atau oxy-acetylene obor, dapat digunakan untuk gas *welding* dengan solder, juga dapat digunakan untuk pengelasan busur argon. Sebelum dilakukan penyambungan bagian aluminium yang sudah terpotong, terlebih dahulu disusun mengikuti pola penyambungan sesuai arahan teknisi. Berikut peneliti sajikan proses penyambungan bagian suprastruktur di bawah ini.



Gambar 6.25 Proses penyambungan bagian suprastruktur FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Proses penyambungan dilakukan dengan memberikan struktur penguat berupa siku aluminium yang dibentuk sedemikian rupa di las pada bagian bawah suprastruktur FECABS agar dapat menahan beban dari tiang. Struktur penguat tersebut disusun atas beberapa potongan aluminium sesuai gambar *design* yang telah dibuat berdasarkan

perhitungan. Berikut peneliti sajikan proses penguatan suprastruktur FECABS di bawah ini.



Gambar 6.26 Proses penguatan suprastruktur FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Selanjutnya, konstruksi suprastruktur FECABS ditambahkan struktur penguat vertikal. Struktur penguat vertikal tersebut disambungkan dengan struktur penguat horizontal dibawah suprastruktur FECABS. Setiap bagian

sisi penutup juga dilakukan proses pengelasan agar struktur suprastruktur FECABS menjadi kuat. Berikut peneliti sajikan hasil penambahan pintu masuk atau *manhole* pada FECABS di bawah ini.



Gambar 6.27 Proses pembuatan *manhole* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah semua proses penyambungan suprastruktur selesai dilakukan, maka berlanjut pada proses pembuatan tiang (*mast*) FECABS. Tiang dibuat sebagai *platform* sensor radar, kamera, antena, penangkal petir dan sebagainya. Tiang (*mast*) dengan tiga kaki dibuat dari material pipa *marine grade* 6063 dengan tinggi tiang 6,7 meter. Pembuatan tiang tersebut dibuat dengan pengelasan. Berikut peneliti sajikan proses pembuatan tiang FECABS di bawah ini.



Gambar 6.28 Proses pembuatan Tiang FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Proses pengelasan sangat penting dalam pembuatan *mast* FECABS untuk mendapat struktur yang kuat dan kokoh untuk menahan peralatan yang akan dipasang diatas *mast*. Selain itu dipasang juga tapak dari tiang (*mast*) berupa plat aluminium pada ketiga kaki *mast*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pemasangan *mast* pada

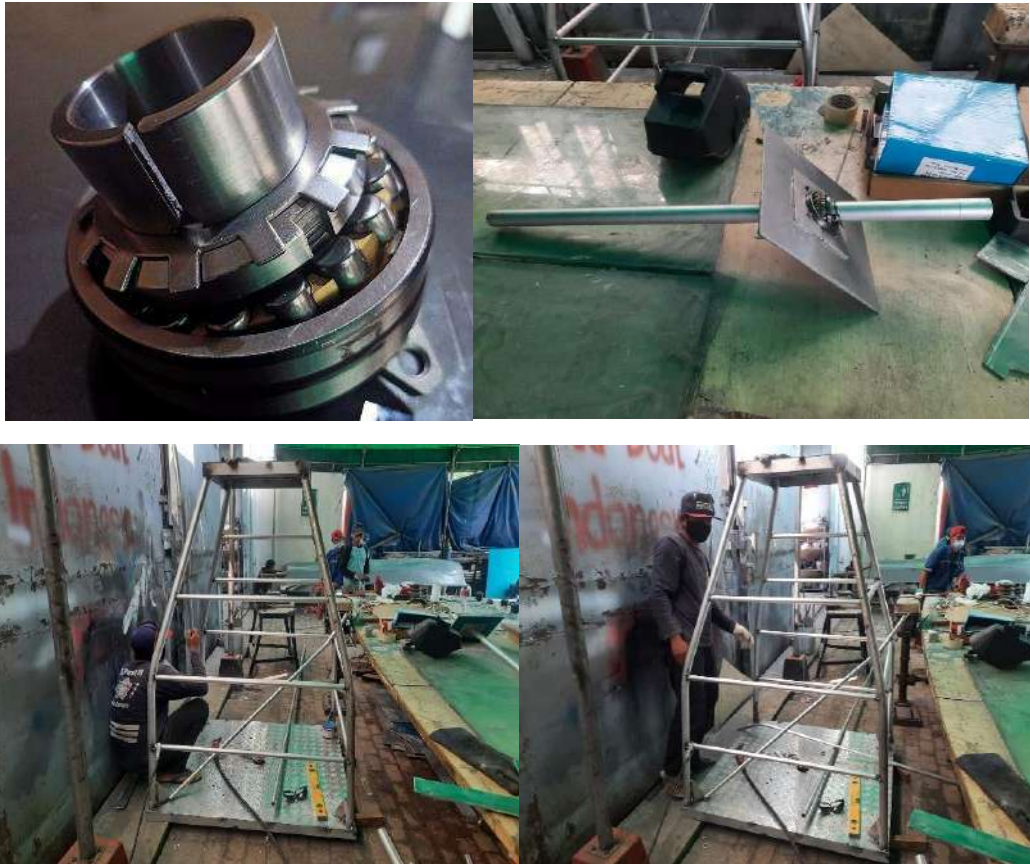
suprastruktur FECABS. Berikut peneliti sajikan hasil perkuatan struktur tiang (*mast*) FECABS di bawah ini.



Gambar 6.29 Perkuatan sambungan antar bagian pada tiang (*mast*)

Sumber: diolah oleh peneliti

Sehubungan dengan adanya antenna radar yang dipasang pada *mast*, maka peneliti mempertimbangkan keadaan radar saat FECABS di laut. Terdapat pengaruh gelombang laut yang membuat FECABS tidak dapat stabil sepenuhnya, untuk itu antenna radar perlu dilengkapi *stabilizer* berupa sistem gimbal mekanik dengan *linear motion bearing* sebagaiudukan tiang penyambung antenna radar dan bandul, sehingga radar akan stabil mengimbangi arah gerak gelombang. Berikut proses kontruksi *stabilizer* antenna radar pada FECABS di bawah ini.



Gambar 6.30 Konstruksi *stabilizer* antenna radar pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.8 Instalasi penggabungan hull dan suprastruktur FECABS

Instalasi penggabungan *hull* dan suprastruktur FECABS dilakukan dengan menggunakan alat bantu angkat berupa *crane* kapasitas 15 ton. Sebelum penggabungan dilakukan, *hull* FECABS yang semula dalam posisi terbalik di atas meja di putar 180° sehingga *hull* FECABS menghadap ke atas dan siap digabungkan dengan suprastruktur. Berikut peneliti sajikan *crane* yang digunakan selama proses pembalikan *hull* FECABS dan penggabungan *hull* dengan suprastruktur FECABS dibawah ini.



Gambar 6.31 Crane 15 Ton

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah *crane* disiapkan maka pekerjaan yang pertama kali dilakukan adalah pembalikan *hull* FECABS. Pembalikan *hull* FECABS dilakukan untuk mempermudah berbagai proses selanjutnya seperti perapihan dinding bagian dalam, pembuatan interior dalam, pengujian kebocoran air, dan penggabungan dengan suprastruktur FECABS. Proses pembalikan *hull* FECABS dipimpin oleh satu orang teknisi dan dipersiapkan juga dudukan *hull* (*stop block*) dengan menggunakan 6 drum kosong yang dilengkapi 3 tumpukan balok kayu di setiap drumnya, untuk menahan beban *hull* FECABS dan membuat permukaan *hull* FECABS tidak menyentuh permukaan tanah. Dan sebelum melakukan proses pekerjaan tersebut terlebih dahulu dilakukan *breifing* dan berdoa bersama sehingga dapat meminimalisir kesalahan kerja dan resiko lainnya. Berikut peneliti sajikan proses pembalikan *hull* FECABS di bawah ini.



Gambar 6.32 Proses Pembalikan *Hull* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Sejak awal *moulding* yang dibuat adalah *one off moulding* yaitu jenis *moulding* hanya satu kali pakai. Setelah proses pembalikan *hull* FECABS selesai dilakukan proses pembersihan *moulding* dan meja kerja FECABS. Hal ini dilakukan dengan mengangkat secara langsung menggunakan *crane* yang diikat dengan meja kerja FECABS. Pembersihan lokasi akan digunakan untuk lokasi penggabungan antara *hull* dengan suprastruktur FECABS. Berikut peneliti sajikan dokumentasi proses pembersihan meja kerja di bawah ini.



Gambar 6.33 Proses Pembersihan Meja Kerja FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah proses pembersihan meja kerja dilakukan selanjutnya proses penggabungan *hull* dan suprastruktur. Proses ini adalah hanya penggabungan sementara untuk mempermudah proses instalasi panel

surya, *wind turbine*, pembuatan interior dan pengecatan FECABS. Berikut peneliti sajikan proses penggabungan *hull* FECABS dan suprastruktur FECABS di bawah ini.





Gambar 6.34 Proses Penggabungan *Hull* dan Suprastruktur FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Setelah dilakukan proses penggabungan *hull* dan suprastruktur FECABS maka proses selanjutnya penyempurnaan dinding bagian dalam *hull* dengan menggunakan pelapis kedap air produk dari *SikaTop – 107 Seal ID*. Dengan penyempurnaan menggunakan pelapis kedap air ini tingkat kebocoran FECABS semakin baik. Berikut peneliti sajikan proses penyempurnaan dinding bagian dalam *hull* FECABS di bawah ini.

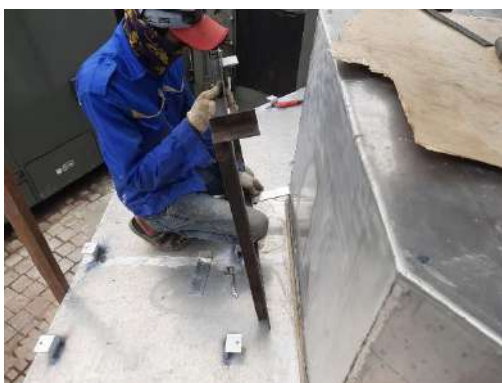


Gambar 6.35 Proses penyempurnaan dinding bagian dalam *hull* FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.9 Pemasangan sumber tenaga listrik FECABS

Pemasangan sumber tenaga listrik dilakukan pada bagian suprastruktur FECABS. Sumber tenaga yang dipasang adalah *solar panel* dan *wind turbine*. Solar panel berjumlah 17 unit sesuai *design* dan perhitungan kebutuhan sensor pada FECABS, sementara *wind turbine* yang dipasang berjumlah 1 unit. Pemasangan *solar panel* ini menggunakan sambungan *fitting* aluminium berbentuk siku sehingga dapat dibaut dengan kuat. Sementara itu *wind turbine* dipasang dengan tiang aluminium setinggi 1,5 m yang dihubungkan dengan suprastruktur. Berikut peneliti sajikan proses pemasangan sumber tenaga FECABS di bawah ini.





Gambar 6.36 Proses pemasangan sumber tenaga FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.10 Pembuatan interior FECABS

Pembuatan interior dilakukan untuk mendukung kinerja FECABS, diantaranya lantai, meja FECABS, rak listrik, tangga ke dalam *hull* dan sebagainya. Pembuatan ini dilakukan secara teliti untuk memastikan kenyamanan saat teknisi melakukan *setting* FECABS dan pemeliharaan FECABS sewaktu-waktu. Lantai dibuat dengan menggunakan rangka aluminium yang dilas hingga kuat. Hal ini dilakukan untuk menyimpan *battery* di bawah lantai dengan *design* yang telah ditentukan. Selain itu, untuk menambah nilai ergonomi, lantai baja ini dibuat dengan permukaan kasar sehingga dapat mencegah resiko terpeleset. Berikut peneliti sajikan proses pembuatan lantai FECABS di bawah ini.



Gambar 6.37 Proses pembuatan lantai FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

Pembuatan tiang dilakukan untuk penguat struktur antara lantai FECABS dengan suprastruktur FECABS. Hal ini dilakukan untuk menahan beban suprastruktur sehingga pembebanan menjadi merata dan tidak bertumpu pada *hull* FECABS saja. Tiang dalam tersebut terbuat dari pipa galvanis dengan diameter 6 cm sebanyak 4 buah yang tersebar pada empat titik. Berikut peneliti sajikan proses pembuatan tiang dalam FECABS di bawah ini.



Gambar 6.38 Pembuatan Tiang dalam FECABS

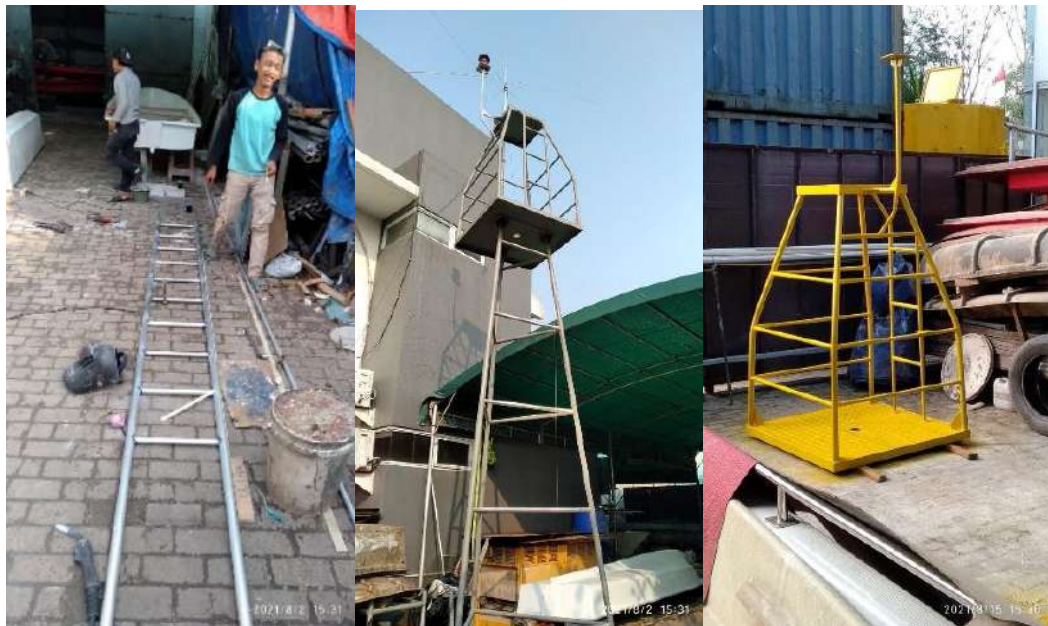
Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.2.11 Pengecatan FECABS

Pengecatan dilakukan pada FECABS dalam rangka tahap *finishing*, sehingga FECABS dapat terlihat jelas saat ditempatkan ditengah pantai

atau laut. Pengecatan ini dilakukan secara merata pada bagian seluruh *hull*, suprastruktur, hingga tiang (*mast*). Pengecatan FECABS diberikan dengan warna yang sama. *Hull*, suprastruktur dan tiang (*mast*) FECABS diberikan warna kuning untuk mudah teridentifikasi oleh kapal. Proses pengecatan dilakukan menggunakan cara *spray* untuk suprastruktur sedangkan cara biasa dengan kuas untuk *hull* FECABS. Berikut peneliti sajikan proses pengecatan FECABS di bawah ini.





Gambar 6.39 Proses pengecatan FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.3 Instalasi kelistrikan FECABS

Sebelum pemasangan listrik FECABS, pekerjaan yang dilakukan adalah pekerjaan persiapan. Dalam kegiatan persiapan ini harus dilakukan beberapa hal sebagai berikut.

- a) Pengecekan *string box solar panel, string box wind turbine, solar & wind turbine charger controller, 24 cell battery bank, dan 2 battery emergency.*
- b) Kondisi dan jumlah peralatan instrumen.
- c) Kelengkapan gambar rencana pemasangan.
- d) Penyediaan formulir *check list.*

Setelah kegiatan persiapan dilakukan, peneliti melakukan pemasangan listrik FECABS. Namun sebelum melakukan proses pemasangan, peneliti menjelaskan secara ringkas sistem pengisian *battery* yang ada pada FECABS adalah sebagai berikut solar panel disambungkan secara seri begitu juga dengan turbin angin untuk kemudian keduanya disambungkan ke kontrol pengisian (*controller charge*), dan sebelum disambungkan ke kontrol pengisian baik solar panel maupun turbin angin

dilengkapi *junction box*. Dari *output* pengisian daya di *controller charger* disambungkan ke *battery* secara seri melalui panel distribusi, selanjutnya dari *battery* (aki) sumber daya listrik utama di distribusikan untuk keperluan lampu maupun peralatan atau instrumen navigasi. Adapun untuk *battery emergency* (cadangan) yang disambungkan ke panel distribusi digunakan apabila *battery* utama tidak berfungsi atau dalam kondisi perbaikan. *Battery* cadangan menggunakan sistem seri dan parallel dari 2 buah *battery* sehingga menghasilkan nilai sebesar 2 x 12V 200AH. Dalam menggunakan *battery* cadangan ini dengan cara manual dengan maksud apabila ada kerusakan pada sistem kelistrikan utama dapat segera diketahui sehingga dapat segera untuk dilakukan perbaikan. Namun bila perbaikan membutuhkan waktu yang lama maka pengisian *battery* cadangan ini bisa dilakukan dengan menggunakan *shore connection* yang telah disediakan di *FECABS*.

Adapun pemasangan listrik sistem teknologi *FECABS* melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama, peneliti melakukan pemasangan *string box solar panel* dan *string box wind turbine*. Sistem pengisian *battery* menggunakan tenaga surya dan turbin angin, sehingga dibutuhkan *hybrid controller charge* atau paduan antara tenaga surya dan turbin angin. *Controller charge* mengambil energi dari panel surya atau turbin angin dan mengubah voltase agar sesuai untuk pengisian baterai. Tegangan suplai untuk *bank battery* berkisar antara 12V hingga 16V. Hal ini memungkinkan pengisian *lead acid battery* (aki) hingga 14,40V (6 x 2,40V / sel).

Tahapan kedua adalah pemasangan *solar & wind turbine charger controller*. Selain pemasangan *controller* tersebut sambungan listrik juga dihubungkan antara kedua *string box* juga dengan *controller*. Pemilihan *controller charge* sesuai dengan total *power* untuk solar panel dan total *power* turbin angin, minimal *controller charge* yang dibutuhkan adalah 4000W *hybrid controller charge* dengan spesifikasi 3000W Solar panel dan 1000W turbin angin.

Tahapan ketiga adalah menghubungkan listrik ke distribusi semua instrumen FECABS. Distribusi tersebut akan mengalirkan listrik ke radar, AIS, *navigation light, lamp, spare, sonar* dan sebagainya. Tahapan keempat adalah menghubungkan listrik ke *24 cell battery bank*. Hal ini dilakukan untuk mengaliri listrik dan menjadi sumber bagi instrumen FECABS. Tahapan kelima adalah menyambungkan aliran listrik utama dengan sumber listrik darurat berupa 2 buah *battery emergency* yang memiliki kapasitas *battery 2 X 12V DC 200AH*.

6.3.4 Instalasi instrumen FECABS

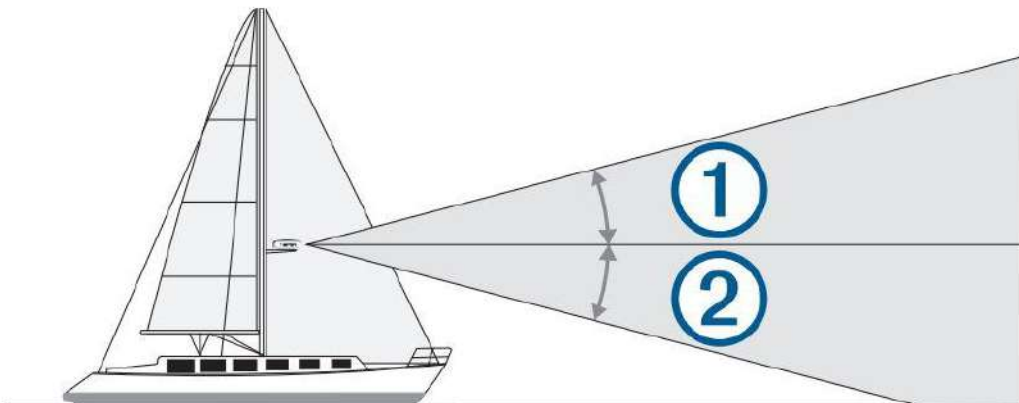
Peneliti juga melakukan instalasi berbagai instrumen pada FECABS. Adapun instrumen yang dipasang diantaranya radar, sonar (*depth sounder*), ais, *radio communication, radio telemetry*, kamera dan instrumen cuaca. Pemasangan ini dilakukan oleh PT. Wahana Indra Sentosa dengan pengalaman empiris yang sudah diterapkan pada kapal. Berikut masing-masing penjelasan instalasi instrumen pada FECABS.

6.3.4.1 Instalasi Radar

Alat kerja yang diperlukan untuk pemasangan Radar adalah bor listrik dan mata bor, obeng, gergaji *jigsaw*, kikir (*file*), amplas dan *marine sealant* (opsional). Perangkat Radar ini harus dipasang di lokasi yang tidak terkena suhu atau kondisi ekstrem. Kisaran suhu untuk perangkat Radar tercantum dalam spesifikasi produk. Saat memilih tempat pemasangan pada tiang (*mast*), peneliti harus memperhatikan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- a. Sangat disarankan agar perangkat antena Radar (*Radome*) dipasang di luar jangkauan personel, dipasang tinggi diatas kepala. Untuk menghindari paparan tingkat frekuensi radio (RF) yang berbahaya, perangkat tidak boleh dipasang lebih dekat dengan orang daripada nilai jarak aman maksimum yang tercantum dalam spesifikasi produk. Internal unit Radar harus memungkinkan akses mudah ke semua antarmuka

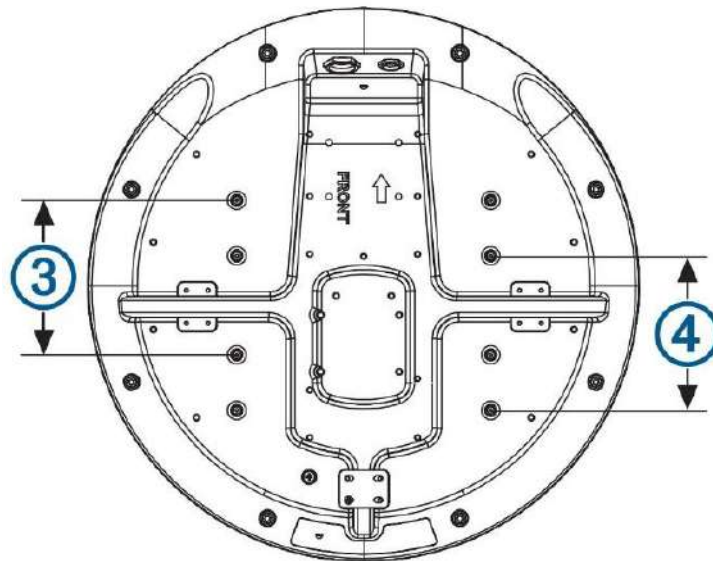
- perangkat, seperti *keypad*, layar sentuh, dan pembaca kartu, jika berlaku.
- b. Perangkat antena Radar (*Radome*) harus dipasang tinggi dengan jarak minimal antara wahana dan pancaran radar. Penghalang dapat menyebabkan *blind spot* (area buta) dan bayangan, atau menghasilkan signal gema palsu. Semakin tinggi posisi pemasangan, semakin jauh radar dapat mendeteksi target. Untuk menghindari gangguan pada kompas magnetik, perangkat tidak boleh dipasang lebih dekat ke kompas daripada nilai jarak aman kompas yang tercantum dalam spesifikasi produk.
 - c. Perangkat harus dipasang pada permukaan datar atau *platform* yang sejajar dengan garis air wahana dan cukup kokoh untuk menopang berat perangkat.
 - d. Sebagian besar pancaran radar menyebar secara vertikal $12,5^\circ$ di atas (1) dan $12,5^\circ$ area (2)



Gambar 6.40 Pancaran radar Garmin pada kapal

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

- e. Radome memiliki dua opsi pemasangan saat dipasang pada dudukan laut standar. Satu opsi pemasangan lebih dekat ke pusat radome (3), dan opsi kedua diimbangi ke belakang (4) untuk memindahkan radar lebih jauh dari tiang.



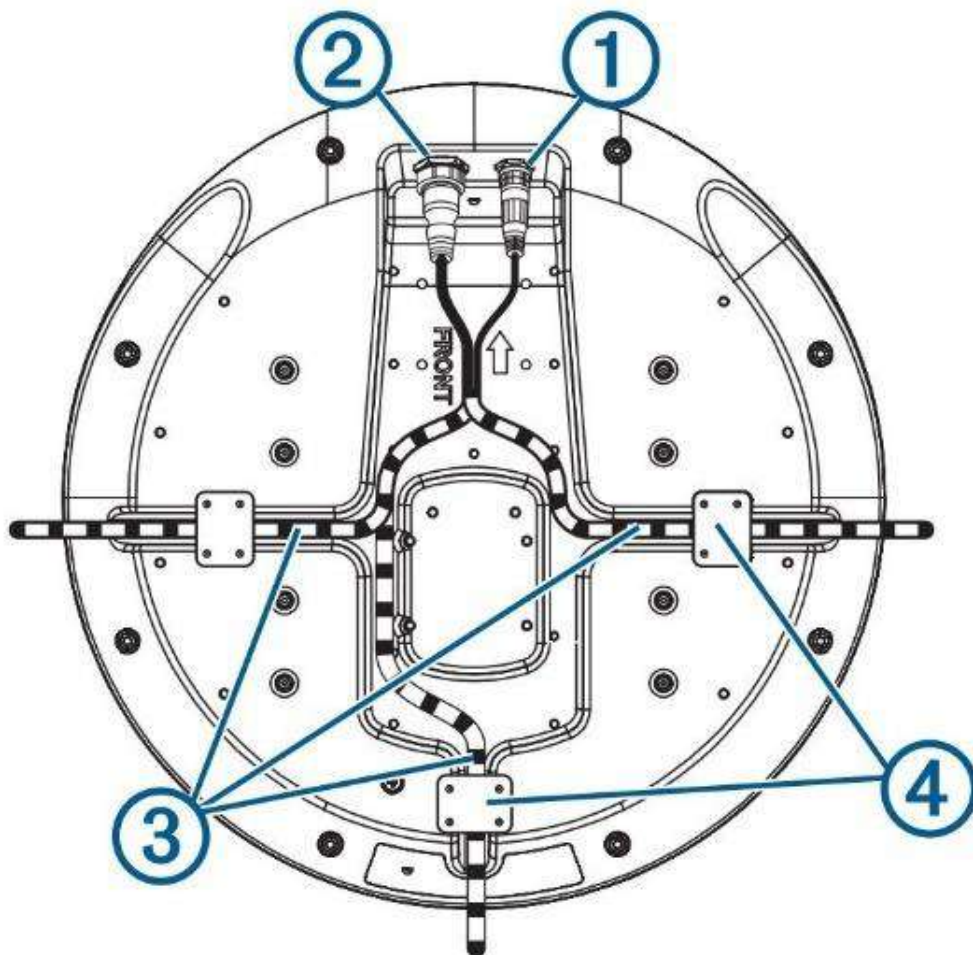
Gambar 6.41 Opsi pemasangan Radome

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

- f. Perangkat harus dipasang jauh dari sumber panas seperti cerobong asap dan lampu.
- g. Perangkat harus dipasang pada tingkat yang berbeda dari penyebar horizontal dan tiang persilangan.
- h. Untuk menghindari gangguan pada kompas magnetik, perangkat tidak boleh dipasang lebih dekat ke kompas dari pada nilai jarak aman kompas.
- i. Elektronik dan kabel lainnya harus dipasang lebih dari 2 m (6 kaki) dari jalur pancaran radar.
- j. Antena GPS harus berada di atas atau di bawah jalur pancaran radar.
- k. Perangkat harus dipasang setidaknya 1 m (40 inci) dari peralatan transmisi apa pun.
- l. Perangkat harus dipasang setidaknya 1 m (40 inci) dari kabel yang membawa sinyal radio seperti radio *Very High Frequency* (VHF), kabel, dan antena. Untuk radio *Single Side Band* (SSB), tambah jarak menjadi 2 m (6 ft.).

Sebelum memasang radar, peneliti harus meninjau pemasangannya pertimbangan lokasi dan pilih lokasi pemasangan.

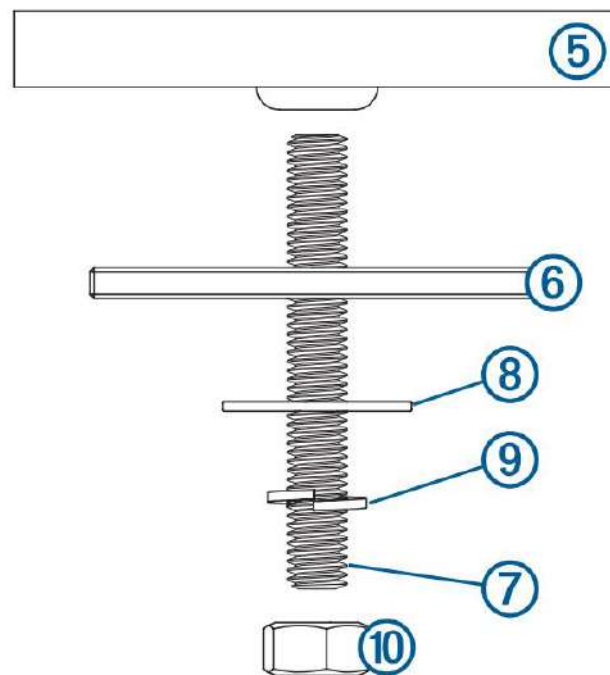
- a. Jika tidak memasang perangkat pada Garmin yang telah dibor sebelumnya pemasangan radar yang kompatibel, gunakan *template* pemasangan yang disertakan untuk mengebor empat 9,5 mm (3/8 in.) lubang pemasangan.
- b. Sambungkan kabel daya ke *port* daya (1) dan kabel jaringan ke *port* jaringan (2).



Gambar 6.42 Port Radome

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

- c. Tekan kabel ke salah satu alur pemandu (3) di bagian bawah *casing*, dan kencangkan menggunakan pelat penahan kabel (4). Kabel harus ditekuk atau dipelintir sesedikit mungkin.
- d. Menggunakan panah di bagian bawah sebagai referensi, posisikan radome pada permukaan pemasangan sejajar dengan bagian depan.
- e. Masukkan keempat batang berulir ke dalam lubang pemasangan di bagian bawah *radome*. Batang berulir hingga 50 mm (2 inci) dapat memanjang di bawah radome.
- f. Oleskan *marine sealant* pada permukaan pemasangan di sekitar setiap lubang pemasangan.
- g. Kencangkan *radome* (5) ke permukaan pemasangan (6) menggunakan batang berulir (7), ring datar (8), ring pegas (9), dan *hex nuts* (10).



Gambar 6.43 Penguatan sambungan Radome

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

- h. Menggunakan kunci momen, kencangkan mur hingga 13,7 hingga 18,6 N-m

Berikut peneliti sajikan proses instalasi radar untuk FECABS di bawah ini.



Gambar 6.44 Instalasi Radar pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.4.2 Instalasi kamera

Instalasi kamera ini dilakukan sebagai optional dalam pengembangan FECABS selanjutnya. Namun dalam penelitian ini dijelaskan prosedur instalasi kamera ini. Sebelum pemasangan kamera dilakukan, peneliti harus memperhatikan lokasi untuk kamera. Pertimbangan lokasi diantaranya terlindungi dari kerusakan fisik dan

getaran berlebih, berventilasi baik dan jauh dari sumber panas. Akses ruang harus cukup untuk aktifkan koneksi kabel ke kamera. Kamera harus dipasang dengan *light-emitting diode* (LED) diagnostik yang mudah terlihat. Kamera harus dipasang cukup jauh dari peralatan apa pun yang dapat menyebabkan gangguan seperti motor, generator dan pemancar / penerima radio. Menjaga jarak yang cocok antara kamera dan kompas yang ada di FECABS. Adapun pemasangan kamera pada FECABS, dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Dapatkan semua perlengkapan kamera *marine* dan peralatan yang dibutuhkan,
2. Tempatkan semua peralatan,
3. Rutekan semua kabel,
4. Bor kabel dan lubang pemasangan,
5. Buat semua koneksi ke peralatan kamera *marine*,
6. Amankan semua peralatan kamera *marine* di tempatnya,
7. Nyalakan kamera *marine* dan uji sistem.

6.3.4.3 Instalasi sonar (*depth sounder*)

Pemasangan sonar memerlukan sejumlah prosedur dan pengaturan perangkat lunak khusus. Sebaiknya dua orang melakukan penginstalan bersama. Berikut prosedur pemasangan sonar di bawah ini.

1. Pasang processor sonar,
2. Pasang kepala sonar,
 - a. Buka kemasan kepala (*transducer*) sonar,
 - b. Pasang kepala (*transducer*) sonar ke braket,
 - c. Pasang *Zinc Anoda* jika menggunakan kepala sonar aluminium,
 - d. Pasang kepala sonar.
3. Buat semua sambungan kabel ke komponen sistem,
4. Buat sambungan yang diperlukan ke peralatan tambahan seperti layar sekunder atau sensor kecepatan *real time*.
5. Lakukan penyalaan awal dan pemeriksaan sistem.

6. Siapkan Prosesor sonar di lokasi yang tersedia untuk *workstation operator*.
 - a. Pastikan tersedia ventilasi yang memadai untuk menghindari panas berlebih.
 - b. Pastikan tersedia cukup ruang untuk tujuan pemeliharaan.
 - c. Pastikan bahwa metode pemasangan memungkinkan getaran fisik, gerakan dan gaya yang biasanya dialami di atas kapal.
7. Pilih kabel daya dengan stop kontak lokal yang sesuai dan sambungkan ke catu daya Prosesor Sonar AC ke DC.
8. Hubungkan catu daya AC ke DC ke Prosesor Sonar.
9. Hubungkan *mouse* ke *port USB* pada Prosesor Sonar.

6.3.4.4 Instalasi AIS

Sebelum pemasangan AIS dilakukan, perlu menuliskan nomor seri (*identification number*) dari unit agar mempermudah koneksi dengan jaringan signal. Adapun nomer seri unit untuk FECAB – 01 sudah didapatkan dari Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut dengan nomor *Maritime Mobile Service Identity* (MMSI) AIS AtoN yaitu **99 525 1 099**. Koneksi yang dibutuhkan diantaranya adalah daya, antena AIS, VHF dan GPS. Terkait dengan sumber daya listrik, kabel daya dengan panjang 5 kaki dilengkapi dengan konektor 10 pin terpasang disertakan dengan AIS. Peneliti memperpanjang kabel ini jika diperlukan. Saat memasang kabel, peneliti memastikan benar-benar memasang cincin pengunci untuk membuat segel kedap air. Selalu gunakan sekering 2A atau pemutus arus. Jangan sambungkan langsung ke baterai dan peneliti harus memperpanjang sambungan daya, gunakan kabel marine yang berukuran minimal 16AWG.

Antena AIS/VHF atau Antena VHF dengan splitter Sistem AIS menggunakan dua saluran khusus data saja dalam rentang frekuensi VHF, sehingga hampir semua antena standard VHF dapat digunakan untuk menerima dan mengirimkan data AIS. Masalahnya adalah antena AIS dan

VHF harus dipasang di titik tertinggi. Jika memilih untuk memasang dua antena, jaraknya minimal 5 kaki jika tidak semua daya 25W VHF akan langsung masuk ke penerima AIS dan merusaknya. Jika menggunakan antena VHF yang sudah ada, pastikan antena tersebut memiliki radiator vertikal, penguatan antena sebesar 3dB atau yang serupa dengan impedansi 50 ohm. Di masa lalu, pelaut lebih suka memasang dua antena daripada antena dan *splitter* karena penerimaan dikompromikan pada VHF dan AIS. Kekhawatiran itu telah dihilangkan dengan teknologi baru.

Adapun tahapan pemasangan AIS mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Suhu dan kelembaban harus moderat dan stabil.
- b. Tempatkan unit jauh dari pipa knalpot dan ventilasi.
- c. Lokasi pemasangan harus berventilasi baik.
- d. Pasang unit di tempat yang minim guncangan dan getaran.
- e. Jauhkan unit dari peralatan pembangkit medan elektromagnetik seperti motor dan generator.
- f. Kompas magnetik akan terpengaruh jika AIS ditempatkan terlalu dekat dengannya perhatikan jarak aman kompas yang dicatat dalam petunjuk keselamatan untuk mencegah gangguan pada kompas magnet.
- g. Pasang unit ke lokasi pemasangan dengan sekrup 4 x 20 (tersedia).
- h. Antena AIS VHF harus ditempatkan pada posisi yang ditinggikan sebebaskan mungkin dengan minimal jarak 0,5 meter pada arah horizontal dari konstruksi yang terbuat dari bahan konduktif. Antena tidak boleh dipasang dekat dengan penghalang vertikal besar. Tujuan antena AIS VHF adalah untuk melihat cakrawala dengan bebas 360 derajat.
- i. Tidak boleh ada lebih dari satu antena di bidang yang sama. Antena AIS VHF harus dipasang tepat di atas atau di bawah antena telepon radio VHF utama kapal, tanpa pemisahan horizontal dan dengan jarak vertikal minimum 2,8 meter. Jika terletak di bidang yang sama dengan antena lain, jarak terpisah harus setidaknya 10 meter.

Berikut peneliti sajikan instalasi AIS pada FECABS di bawah ini.



Gambar 6.45 Instalasi AIS pada FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

6.3.4.5 Instalasi radio

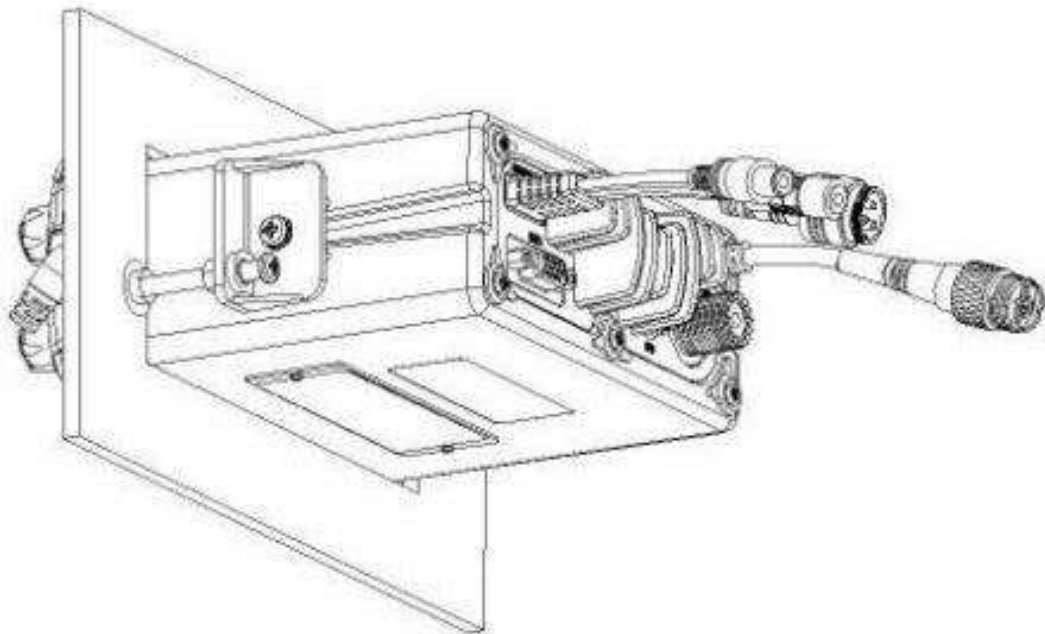
Pemilihan posisi pemasangan untuk unit radio utama STR-6000A. Posisi pemasangan dipilih sesuai dengan instruksi berikut.

1. Pilih tempat di mana ada cukup ruang untuk mengoperasikan, memperbaiki dan memelihara dengan ventilasi yang efisien.

2. Pilih tempat yang tidak terkena hujan dan air laut secara langsung. Area kering adalah tempat terbaik untuk pemasangan peralatan elektronik.
3. Pilih tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung dan hindari dari elemen pemanas.
4. Pilih tempat di mana ada sedikit getaran.
5. Pilih tempat yang sedikit mengalami gangguan listrik.

Pemasangan unit utama radio STR-6000A. Unit utama yang akan dipasang mengacu pada gambar berikut.

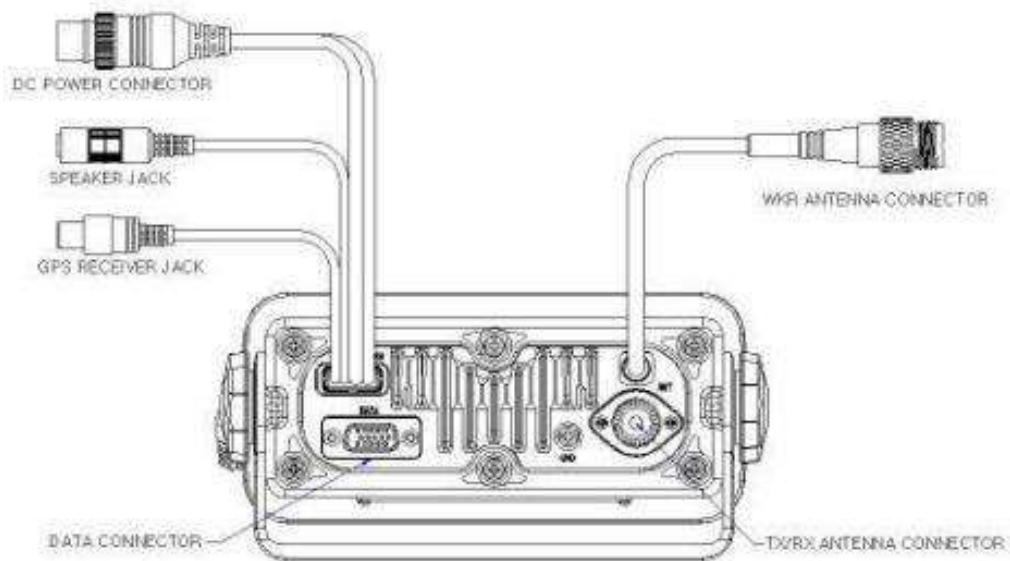
1. Kencangkan pelat penyangga dengan menggunakan sekrup ke meja, langit-langit atau dinding.
2. Pasang unit ke penyangga menggunakan kenop pegangan, dan pasang pada sudut yang nyaman.



Gambar 6.46 Pemasangan unit utama radio

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

Selanjutnya untuk pemasangan kabel sebagai berikut:



Gambar 6.47 Pemasangan kabel radio

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

Pada bagian belakang unit memiliki konektor yang dapat dihubungkan secara efisien dengan kabel daya, antena, dan kabel lainnya. Koneksi Daya, konektor 4 P yang terletak di bagian belakang unit digunakan untuk menyuplai daya, di mana pin Nomor 1 adalah "+" dan pin Nomor 2 adalah "-" yang dapat dihubungkan ke Catu daya [DC13.6V]. Konektor 1P yang terletak di belakang unit adalah Konektor Koneksi Speaker.

Selanjutnya peneliti mengatur Antena dengan penyiapan antena standar. Cara pemasangan yang paling mudah adalah dengan memasang dua atau beberapa antena secara vertikal dengan jarak lebih dari 4 meter satu sama lain. Adapun perhatian saat mengatur antena sebagai berikut:

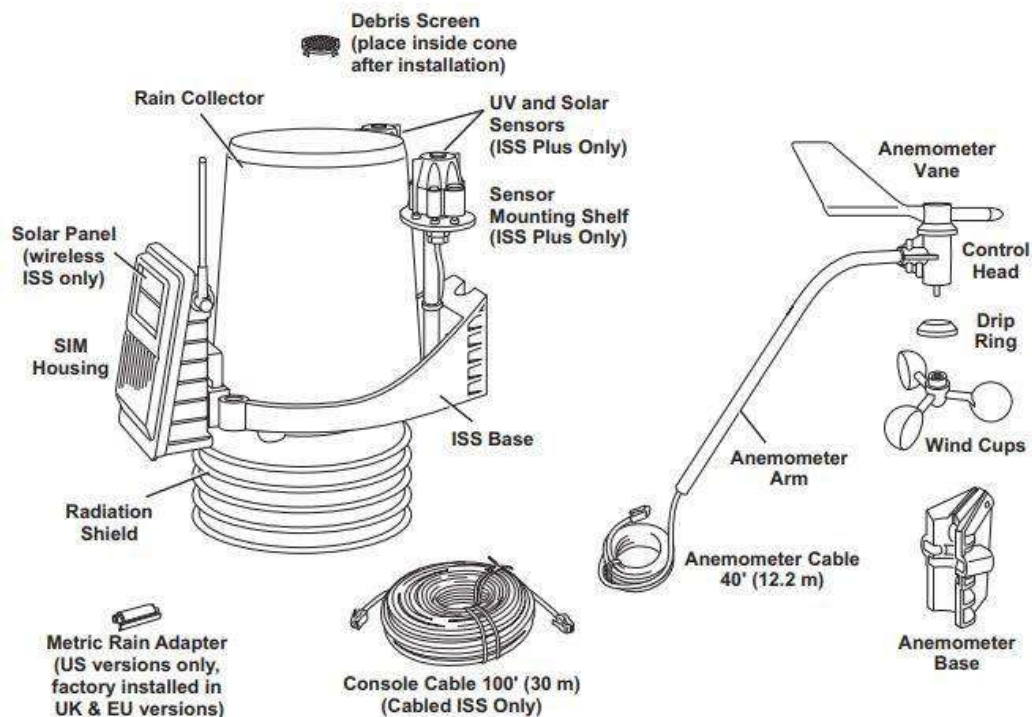
- a. Harap gunakan Antena Tx Rx jenis yang sudah teruji, harap gunakan 50Ω dengan pita 150MHz.
- b. Gunakan antena / kabel daya berkualitas tinggi daripada yang standar.
- c. Diharapkan antena VHF dipasang di lokasi tinggi, jika memungkinkan.
- d. Harap jauhkan antena dari antena pemancar lain. Misalnya, jauhkan 4 meter dari antena VHF lainnya.

- e. Harap pastikan bahwa pemasangan harus dilakukan di tempat yang terhindar dari getaran mekanik dan hujan badai dan bagian konektor harus tahan air dengan menggunakan pita tahan air.
- f. Sedangkan jumlah antena yang dipasang secara bersamaan, kabel tembaga harus diisolasi dengan menggunakan pipa baja, jika tidak tetap jaga jarak 30 cm satu sama lain.

Koneksi GPS, konektor One Pin di bagian belakang unit utama untuk informasi GPS eksternal yaitu konektor koneksi data NMEA 0183. Sedangkan untuk kabel terintegrasi seperti dalam kasus kabel DC, gunakan kabel dengan suplai SAMYUNG atau kabel yang tahan lama untuk arus listrik tertentu. Dan juga harap kencangkan konektor antena Tx / Rx dan speaker agar kapal berguling dan miring.

6.3.4.6 Instalasi instrumen cuaca

Instrumen cuaca ini digunakan secara optional untuk pengembangan FECABS berikutnya. Instrumen cuaca yang dipasang pada FECABS meliputi pengumpul hujan, sensor suhu, sensor kelembaban dan *anemometer*. Selain fitur cuaca standar, juga terdapat sensor radiasi matahari dan sensor radiasi ultra-violet (UV). Sensor suhu dan kelembaban dipasang dalam pelindung radiasi pasif untuk meminimalkan dampak radiasi matahari pada pembacaan sensor. *Anemometer* mengukur kecepatan angin. Sensor matahari dan UV tambahan dipasang di sebelah kerucut pengumpul hujan. Dalam instrumen ini terdapat *Sensor Interface Module* (SIM) berisi "otak" dari instrumen dan pemancar radio. SIM terletak di bagian depan pelindung radiasi di kotak SIM. SIM mengumpulkan data cuaca luar dari sensor instrumen dan kemudian mengirimkan data tersebut ke konsol. Instrumen cuaca ini dilengkapi dengan semua komponen dan perangkat keras yang ditunjukkan dalam ilustrasi berikut.



Gambar 6.48 Ilustrasi instrumen cuaca

Sumber: manual book dan diolah oleh peneliti

Langkah-langkah untuk mempersiapkan instalasi instrumen cuaca adalah:

- Pasang anemometer.
- Periksa sambungan kabel sensor yang dipasang di pabrik ke SIM.
- Hubungkan kabel sensor anemometer ke SIM.
- Terapkan daya ke instrumen cuaca dan uji komunikasi dengan konsol.
- Ubah Transmitter ID untuk komunikasi nirkabel, jika perlu.

Anemometer mengukur arah dan kecepatan angin. Lengan anemometer memerlukan perakitan sebelum dapat dipasang dengan bagian instrumen cuaca lainnya. Silakan cari bagian berikut untuk menyiapkan anemometer:

- a) Lengan anemometer (baling-baling angin dan kabel sudah terpasang)
- b) Dasar anemometer
- c) Cangkir angin

- d) Cincin tetes
- e) Kunci Allen (0,05 ")
- f) *#4 machine screw, #4 tooth-lock washer, #4 hex nut*

Memasang Lengan Anemometer ke Alas dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Masukkan lengan anemometer ke alas, geser kabel melalui takik di alas seperti yang ditunjukkan dalam ilustrasi.
2. Pastikan lubang kecil di lengan sejajar dengan lubang di alasnya.
3. Masukkan sekrup mesin melalui lubang di alas dan lengan.
4. Geser pengunci gigi dan mur hex ke dalam sekrup. Kencangkan mur hex sambil menahan sekrup dengan obeng kepala Phillips agar tidak berputar.
5. Tekan kabel sensor dengan kuat dan sepenuhnya ke dalam saluran zig-zag di alas, mulai dari lengan dan teruskan ke bawah ke bagian bawah alas.

Memasang Piala Angin dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Dorong penahan angin ke atas ke atas poros baja tahan karat anemometer.
2. Geser penahan angin sejauh mungkin ke atas poros.
3. Gunakan kunci pas Allen yang disediakan untuk mengencangkan sekrup set pada sisi mangkuk angin. Cangkir angin akan turun sedikit saat Anda melepaskannya.
4. Putar cangkir angin. Jika mangkuk angin berputar bebas, anemometer telah siap.

Periksa Koneksi Sensor SIM. SIM terletak di rumah di bagian depan stasiun cuaca. SIM berisi semua koneksi untuk sensor cuaca. Ikuti langkah-langkah di bawah ini untuk memeriksa SIM dan memastikan bahwa semua sensor terhubung dengan benar. Berikut tahapannya:

1. Buka Kotak SIM.
2. Cari kotak putih dengan panel surya yang berisi SIM di bagian depan unit ISS. Model kabel tidak memiliki panel surya.

3. Cari tab putih di bagian tengah bawah penutup kotak SIM.
4. Angkat tab dari kotak sambil menggeser penutup ke atas. Lihat di samping kotak SIM. Penutup kotak dapat dengan mudah dilepaskan dari kotak jika indikator penyelarasan pada penutup sejajar dengan indikator penjajaran pada kotak.
5. Angkat penutup dari kotaknya, berhati-hatilah agar tidak menekan kabel panel surya saat melepas penutup. Konektor SIM dan sensor terlihat setelah penutup SIM dilepas.

Periksa *Factory Installed* Koneksi Sensor dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pastikan kabel pengumpul hujan dan kabel sensor suhu / kelembaban telah terpasang ke stopkontak berlabel RAIN dan TEMP / HUM pada SIM.
2. Jika stasiun dilengkapi sensor UV dan / atau radiasi matahari, verifikasi bahwa kabel sensor telah dicolokkan ke stopkontak berlabel UV dan SUN pada SIM.

Hubungkan Kabel Anemometer ke SIM dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Lepaskan gulungan kabel secukupnya untuk bekerja dengan anemometer.
2. Tarik sisipan busa keluar dari *port* akses kabel di antara kabel dan sisihkan sisipan busa.
3. Masukkan ujung kabel anemometer ke *port* akses kabel dari bawah kotak SIM. Geser kabel melalui *port* akses kabel dengan tuas konektor ke bawah.
4. Masukkan dengan kuat ujung kabel anemometer ke konektor berlabel *WIND*. Tuas masuk ke tempatnya.
5. Pastikan kabel rata di bagian bawah *port* akses kabel.
6. Masukkan busa dengan kuat di antara kabel dan di bagian atas *port* akses kabel, berhati-hatilah untuk memastikan bahwa busa menutup sepenuhnya *port* akses, tidak meninggalkan lubang atau celah yang

cukup besar untuk cuaca. Setelah koneksi sensor diperiksa dan kabel anemometer telah dimasukkan, koneksi antara instrumen cuaca dan konsol harus dibuat.

6.4 Analisis Pembangunan FECABS

Dalam proses pembangunan konstruksi FECABS ditemukan beberapa tantangan. Tantangan pertama adalah kesulitan menentukan standar kekuatan *ferrocement*. Kekuatan *ferrocement* sangat bergantung terhadap ketebalan tulangan besi dan *wire mesh*. Ketebalan *ferrocement* juga dipengaruhi oleh bentuk struktur, diameter tulangan besi dan *wire mesh*. Selain perhitungan dalam *design* untuk menentukan jumlah tulangan besi dan *wire mesh*, pendekatan empiris oleh PT. Wahana Indra Sentosa juga dilakukan dan dikategorikan aman. Pemilihan *wire mesh* yang memiliki mata cukup rapat dan diameter tebal membuat kekuatan *ferrocement* bertambah. Sesuai pedoman FAO, ketebalan *ferrocement* antara 3 – 4 cm sudah diterapkan dalam konstruksi FECABS. Kekuatan *ferrocement* juga diuji pada saat *testing/validasi* menggunakan coupon yang sudah dibuat.

Tantangan kedua adalah saat pembuatan *moulding* FECABS. Kesulitan pada proses pembuatan *moulding* adalah membuat bentuk yang tepat untuk penempatan struktur besi yang sesuai sehingga mudah dalam proses pengecoran dalam rangka menjaga ketebalan yang diinginkan. Pada awalnya pembangunan FECABS akan menggunakan bekisting untuk sisi luar dan *moulding hull* bagian dalam. Setelah melalui proses pertimbangan bekisting tidak jadi digunakan karena kesulitan dalam proses pengecoran yang dikhawatirkan mortar sulit dimasukkan ke dalam dua dinding tersebut. Akhirnya mortar diaplikasikan dengan menggunakan *professional wall mortar sprayer gun* dibantu sendok semen secara manual. Pemanfaatan bekisting akan mudah untuk mengontrol tebal dari dinding FECABS tetapi dengan resiko sulit masuknya mortar ke dalam celah yang berisikan struktur besi antara bekisting dan *moulding* dapat berakibat dindingnya berlubang. Dibutuhkan peralatan tambahan seperti vibrator dan

bereksperimen dengan kekentalan *mortar*. Tanpa bekisting kontrol terhadap distribusi *mortar* diantara struktur besi lebih mudah tetapi pengaruh gravitasi akan menyulitkan *mortar* menempel di dinding horizontal bila tidak memiliki kekentalan yang baik atau cukup.

Dengan proses penembakan menggunakan *spray gun* ke dinding *moulding* FECABS dilakukan secara cepat dan berlapis hingga adukan dapat mengisi ruang diantara *wire mesh* sehingga *mortar* dapat memadat dengan sempurna. Perlu pengaturan tingkat kekentalan yang tepat sehingga membuat adukan dapat melekat pada dinding *hull* FECABS. Penggunaan *moulding* satu sisi bagian dalam pada penelitian ini dipilih agar lebih mudah melakukan pengecoran, namun untuk kedepannya menggunakan *moulding* dengan dua sisi akan lebih baik untuk mendapatkan ketebalan dan kepadatan yang konsisten dengan syarat kelengkapan lainnya seperti vibrator. Untuk produksi selanjutnya penggunaan dua *moulding* untuk sisi dalam dan luar sangat dianjurkan untuk mendapatkan ketebalan dan kualitas permukaan yang konsisten. Cetakan perlu didesain dengan baik sehingga mortar mudah diaplikasikan ke dalam dua *moulding* tersebut dan *moulding* bisa dipakai berulang-ulang.

Tantangan ketiga adalah pemilihan material suprastruktur. Awal mulanya suprastruktur dari *ferrocement* dipertimbangkan untuk digunakan, tetapi kelemahan suprastruktur akan terjadi bila lubang-lubang dibuat untuk penempatan solar panel, *mast*, pintu masuk dan sebagainya. Pemilihan material suprastruktur dari aluminium menjadi pilihan karena mudah dimodifikasi dan tidak memberikan beban berlebih pada FECABS. Aluminium memberikan keuntungan tersendiri karena bobot yang ringan dan waktu pengerjaan tidak terlalu lama dibandingkan penggunaan *ferrocement*. Pemilihan aluminium dibandingkan *ferrocement* atau besi juga melihat kekuatan terhadap korosi dan umurnya yang panjang bila beroperasi di laut, meskipun harganya relatif lebih mahal.

Tantangan keempat adalah proses desain dan pembuatan struktur *mooring system* terutama untuk *mooring bracket*. Hal ini disebabkan

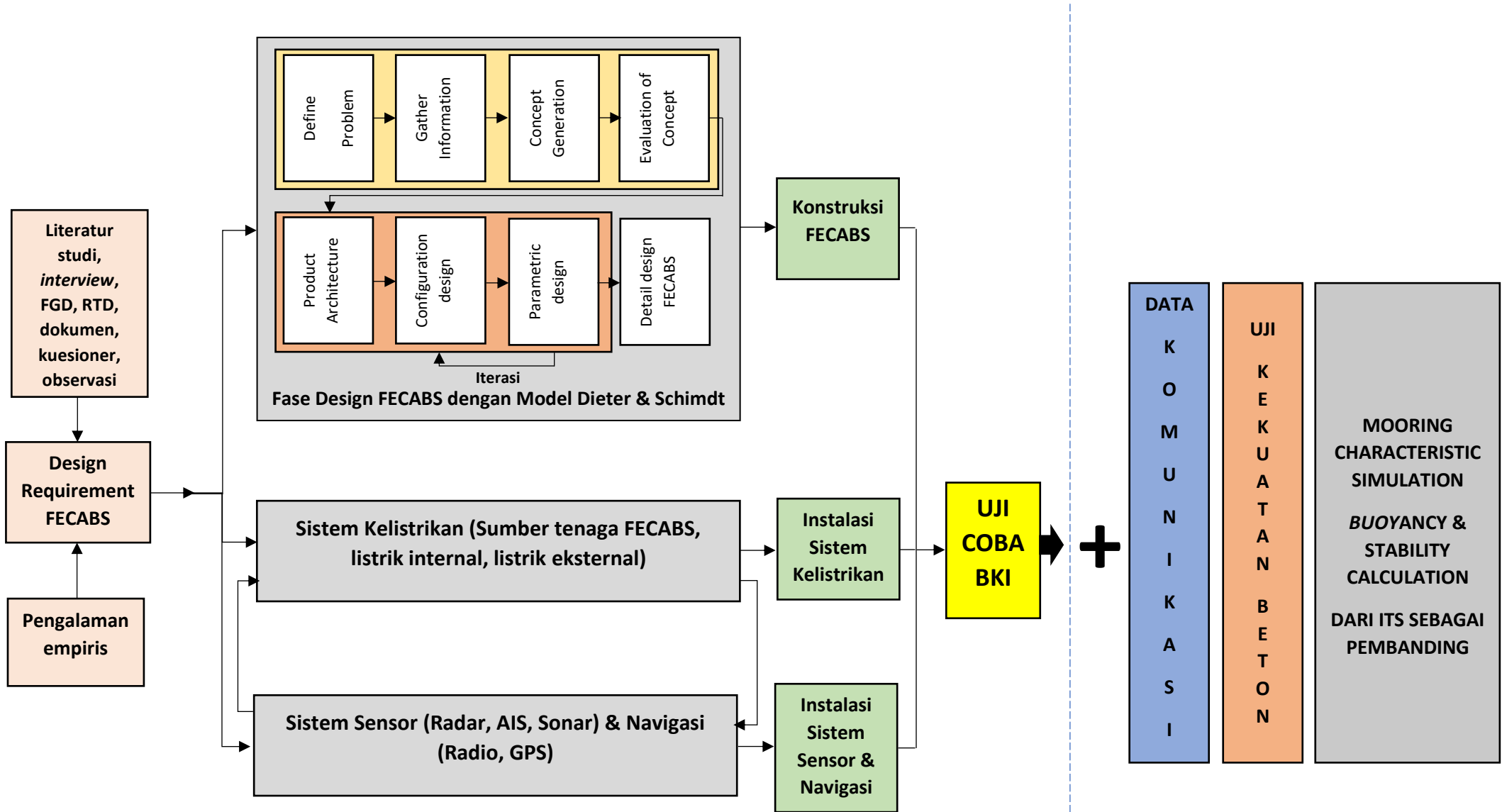
mooring system harus menahan dan meredam gaya yang bekerja pada FECABS saat di laut. *Mooring bracket* harus dipastikan terhubung dengan struktur besi didalam dinding FECABS agar dapat menyalurkan gaya tarik dari luar untuk didistribusikan ke seluruh struktur besi. Pada saat pengecoran harus dipastikan tidak terdapat lubang-lubang diantara struktur FECABS dan *mooring bracket*. *Three point mooring system* menjadi pilihan dengan pertimbangan stabilitas FECABS di tengah laut. Penguatan *mooring bracket* dilakukan dengan menghubungkan tiga titik tersebut menggunakan pipa galvanis yang diproses dan dibentuk secara melingkar sehingga ketiga *mooring bracket* terhubung melalui proses pengelasan.

Tantangan kelima adalah proses membalik *hull* yang mulanya posisi menghadap ke bawah menjadi ke atas. Proses membalik ini menggunakan *crane* dengan kapasitas 15 ton. Saat proses membalik *hull* FECABS menggunakan dua tali. Tali pertama diikatkan pada bagian samping sisi luar *hull* dan tali kedua diikatkan pada dua *mooring bracket*. Resiko yang paling buruk adalah membentur bangunan sekitar, tali *crane* putus dan *hull* mengalami kerusakan. Proses pembalikan *hull* ini membutuhkan kehati-hatian yang tinggi.

Berdasarkan penjabaran pembangunan FECABS yang telah dilakukan, dapat disimpulkan dalam gambar 6.49 tentang prosedur dalam rancang bangun FECABS melalui metode V-Diagram yang diaplikasikan dengan beberapa metode lainnya. Proses dimulai dari pengumpulan berbagai informasi (wawancara, kuesioner, studi literatur, FGD, RTD, dokumen, observasi dan pengalaman empiris) untuk menentukan *design requirement* FECABS. Selanjutnya dilakukan proses desain FECABS dengan menggunakan metode Dieter & Schmidt paralel bersamaan desain kelistrikan, desain sensor dan navigasi. Tahap berikutnya adalah proses pembangunan FECABS yang mengacu aturan FAO. Untuk instalasi listrik, sensor dan lainnya mengikuti aturan kapal. Setelah pembangunan FECABS selesai, dilakukan pengujian oleh BKI terhadap gambar desain struktur dan kelistrikan. Pengujian dari lembaga berstandar seperti ITS, PT

Trias Beton Perkasa dan PT. 247 Solutions untuk menguji *mooring characteristic*, kekuatan beton, dan komunikasi data.

Dalam tahapan pembangunan FECABS, proses pembuatan *hull* dengan menggunakan 1 cetakan memerlukan 7 hari per siapan termasuk pengadaan material dan pemasangan tulangan dan *wire mesh*. Selanjutnya dibutuhkan 2 hari untuk pengecoran mortar dan perapihan awal permukaannya, dibutuhkan kurang lebih 28 hari untuk proses *curing* dari semen. Setelah 1 minggu dari proses pengecoran mortar cetakan sudah bisa dibuka dan bisa dimanfaatkan lagi untuk pembuatan FECABS berikutnya. Seraya menunggu proses *curing* dari dinding FECABS, dapat dilakukan secara paralel pembuatan suprastruktur, *mast* dan instalasi kelistrikan dan sensor. Pemasangan instalasi ini dilakukan setelah *hull* FECABS di *finishing* dengan penggunaan *coating* yang sudah ditentukan.



Gambar 6.49 Prosedur Rancang Bangun FECABS

Sumber: diolah oleh peneliti

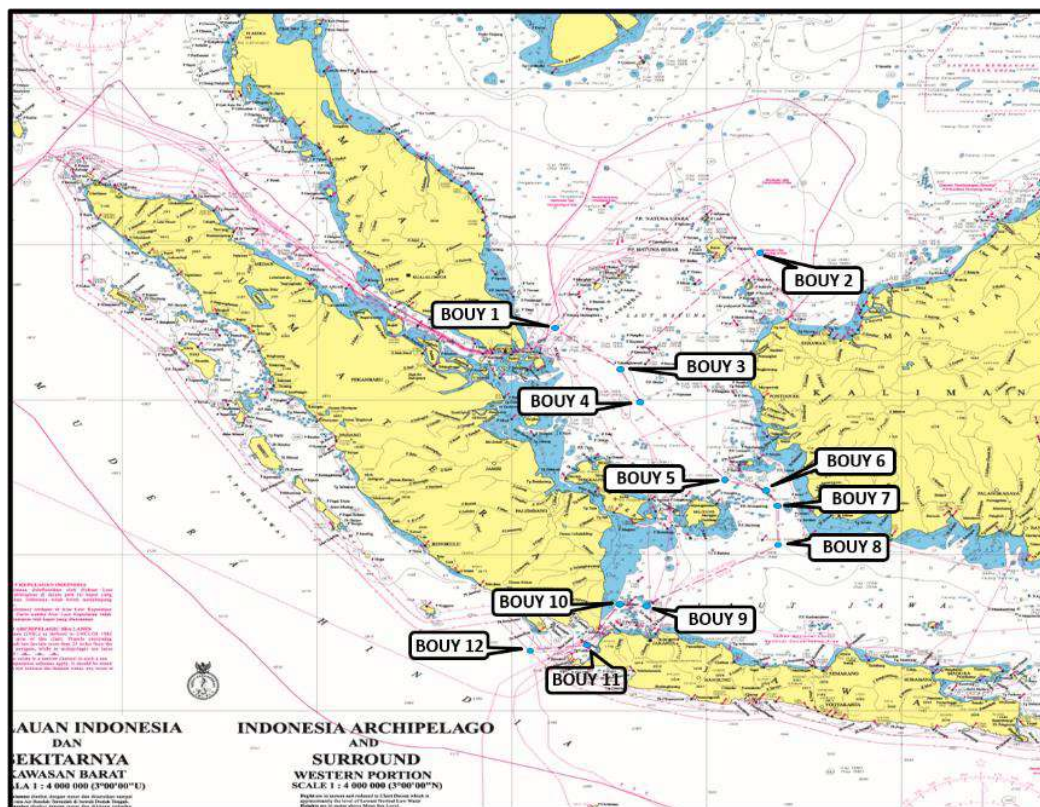
6.5 Pemanfaatan strategis FECABS guna meningkatkan stabilitas keamanan maritim

Melihat konstelasi geografis di Indonesia sebagai negara kepulauan, Indonesia dituntut dalam memberikan akses pelayaran internasional dengan membuat alur laut kepulauan. Perbatasan Indonesia dengan beberapa negara dapat berpotensi menimbulkan ragam gangguan keamanan maritim. Saat ini banyak permasalahan keamanan maritim yang masih terjadi seperti Laut Natuna Utara yang masih menimbulkan konflik antar negara, permasalahan batas Indonesia dengan Vietnam, dan permasalahan dengan batas Malaysia dan India. Laksma TNI Dato Rusman sebagai komandan Guspurla Koarmada I mengatakan bahwa Vietnam memasang pagar betis di garis maya yang mana di garis tersebut telah disepakati dengan Indonesia yaitu di Landas Kontinen. Selain itu, melalui UNCLOS 82 selain Landas Kontinen, Indonesia juga memiliki wilayah ZEE, yang belum disepakati oleh kedua negara yaitu Vietnam dan Indonesia. Potensi bahaya selalu hadir ketika kapal Indonesia mendekati perbatasan Landas Kontinen, berupa *shadow* oleh kapal-kapal perang Vietnam.

Sesuai teori keamanan maritim Purdijatno (2010) yang menyatakan bahwa Indonesia harus menjamin keamanan wilayah lautnya, khususnya alur pelayarannya. Untuk itu dalam meningkatkan stabilitas keamanan maritim di Indonesia, FECABS dapat dimanfaatkan secara strategis di wilayah perairan seperti ALKI. Saat ini terdapat *Traffic Separation Scheme* (TSS) di Selat Sunda, FECABS dapat ditempatkan pada titik-titik tertentu sebagai batas terluar sesuai Gambar 6.50. FECABS dapat menjadi rambu lalu lintas pelayaran dan memiliki data laporan yang dapat diakses oleh kapal yang melintas di TSS Selat Sunda bagi satuan operasi patroli keamanan yang diberikan kepada institusi *tactical operational* yang telah ada. Keamanan maritim merupakan kebutuhan semua pihak yang tidak bisa dikerjakan secara parsial tapi perlu kebersamaan. Melalui FECABS ini akan memberikan informasi yang dapat membuat *assesment* berapa banyak satuan operasi patroli TNI AL yang akan digunakan untuk bisa berpatroli, bukan hanya di ALKI saja tetapi di seluruh perairan Indonesia.

KETERANGAN :

BOUY	POSISI
1	01 50 00 U - 105 00 00 T
2	03 32 00 U - 108 45 00 T
3	00 50 00 U - 106 15 00 T
4	00 08 00 S - 106 42 00 T
5	02 05 00 S - 108 25 00 T
6	02 20 00 S - 109 22 00 T
7	02 44 00 S - 109 30 00 T
8	03 45 00 S - 109 30 00 T
9	05 18 00 S - 106 40 00 T
10	05 15 00 S - 106 04 00 T
11	06 18 00 S - 105 30 00 T
12	06 27 00 S - 104 42 00 T



Gambar 6.50 Konsep pemanfaatan FECABS pada ALKI I

Sumber: Satuan Operasi Guspurla TNI AL

Penempatan FECABS sesuai Gambar 6.50 sangat membantu TNI AL khususnya satuan operasi patroli yang memiliki keterbatasan dalam gelar patroli. FECABS dapat menjadi pelengkap dalam operasi pengamanan alur laut kepulauan yang sangat penting dalam titik-titik posisi penempatannya. Titik-titik posisi FECABS tersebut menurut Laksma TNI Dato Rusman menjelaskan bahwa apabila pemerintah dapat menyediakan banyak FECABS maka didasarkan pada jangkauan radar navigasi yang dapat mencapai jarak radius 48 *nauticle mile*, yang dipasang *overlapping*

sebesar 10 % sehingga jarak antar FECABS menjadi 80 nm dan kapal patroli hanya bergerak untuk melakukan tindakan atas pelanggaran tanpa melakukan “gergaji laut” dengan istilah yang dikenal “*fleet in being*” yang artinya kekuatan angkatan laut yang memperluas pengaruh pengontrol tanpa pernah meninggalkan pelabuhan. Sehingga FECABS dapat menjadi alternatif dalam mengefektifkan operasi pengamanan TNI AL. TNI AL juga memiliki operasi siaga tempur laut yang difokuskan di Laut Natuna Utara. Perlu diketahui bahwa TNI AL memiliki keterbatasan dalam pengawasan yang kurang maksimal dalam mengendalikan secara terus menerus hadir di Laut Natuna Utara. Hal ini menjadi masalah seperti kapal-kapal China manakala masuk ke wilayah perairan Indonesia, kurang *respect* dengan kapal-kapal TNI AL yang datang selaku penegak hukum. Hadirnya FECABS ini merupakan suatu jawaban yang dapat mengisi gap dalam meningkatkan stabilitas keamanan maritim.

Sehubungan dengan pembangunan kekuatan postur TNI yang dikenal dengan *Minimum Essential Force* (MEF), yang di desain dengan *budget* pertahanan negara dianggarkan sekitar 1,5% dari GDP dan dihitung dari pertumbuhan ekonomi nasional sebesar 7%, menunjukkan target MEF belum tercapai. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan ekonomi Indonesia setelah itu berkisar diangka 5%-5,5% dan anggaran dari pertahanan hanya berkisar 0,8%-0,9% dari GDP (Hadi *et al*, 2016), apalagi dengan adanya pandemi Covid-19 yang membuat pertumbuhan ekonomi dan *budget* pertahanan jauh berkurang. Oleh karena itu FECABS sangat cocok untuk mengisi kebutuhan/gap dalam memenuhi kebutuhan patroli di laut dan dapat mengambil sebagian fungsi pengumpulan data dari kapal patroli dengan keuntungan *tangibles* dan *intangibles*.

FECABS dalam perspektif ilmu pertahanan merupakan hasil dari bukan hanya multidisiplin ilmu tetapi sudah masuk kategori interdisiplin ilmu. Sesuai filsafat ilmu pertahanan dari Syarifuddin Tippe (2016) melihat bahwa secara teoritis ilmu pertahanan tidak dapat diaplikasikan tanpa ilmu lain. Multidisiplin adalah penggabungan beberapa disiplin untuk bersama-sama mengatasi masalah tertentu dengan masih memiliki batasan yang jelas. Interdisiplin adalah pendekatan dalam pemecahan masalah dengan

menggunakan tinjauan berbagai sudut pandang ilmu serumpun yang relevan secara terpadu. Menurut Syarifuddin Tippe yang menjelaskan bahwa dari Filsafat melalui Filsafat ilmu semestinya dapat menempatkan Ilmu Pertahanan sebagai multidisiplin, interdisiplin dan transdisiplin. Sedangkan transdisiplin merupakan pengintegrasian dari multidisiplin atau juga interdisiplin yang digunakan untuk membahas isu pertahanan dalam realita. Dalam penelitian ini FECABS sudah menjadi interdisiplin karena batas multidisiplin sudah tidak berlaku, contohnya pada saat mendesign masih ada perbedaan yang kuat antara dari *engineer* beton yang fokus pada kekuatan beton dengan *engineer* bidang perkapalan yang fokus pada *buoyancy* dan *stability* dari FECABS, karena satu sama lain berpegang teguh pada ilmu nya masing-masing. Yang satu menginginkan semakin tebal dan kuat tetapi semakin berat, yang lainnya menginginkan semakin ringan untuk mendapatkan daya apung, sebagai peneliti harus berpegang teguh pada prinsip *design* yang telah dipilih dan harus mengambil keputusan untuk mengoptimalkan kedua prinsip tersebut. Integrasi FECABS di dunia pertahanan akan menjadikan FECABS bagian dari transdisiplin ilmu, dimana didalamnya ada ilmu teknik dan ilmu sosial.