



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI TATA LETAK AREA PRODUKSI GALANGAN  
KAPAL FIBERGLASS**

**SKRIPSI**

**Ari Purwanto Nugroho**

**0806338191**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI TATA LETAK AREA PRODUKSI GALANGAN  
KAPAL FIBERGLASS**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

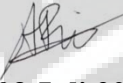
**Ari Purwanto Nugroho**

**0806338191**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama** : Ari Purwanto Nugroho  
**NPM** : 0806338191  
**Tanda Tangan** :   
**Tanggal** : 03 Juli 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Ari Purwanto Nugroho  
NPM : 0806338191  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : Optimasi Tata Letak Area Produksi Galangan  
Kapal Fiberglass

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir. Sunaryo

Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng

Penguji : Ir. HadiTresnoWibowo, M.T

Penguji : Ir. M. A. Talahatu, M.T

Penguji : Ir. MuktiWibowo

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 03 Juli 2012

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangat sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr.Ir. Sunaryo, selaku dosen pembimbing serta seluruh dosen Teknik Perkapalan UI yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Pihak PT. SS Boatyard yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) Orang tua, keluarga saya, serta Indah Puspasari yang tiada hentinya memberikan bantuan dukungan moral dan perhatian yang teramat dalam; dan
- (4) Semua sahabat saya yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 03 Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ari Purwanto Nugroho  
NPM : 0806338191  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jeniskarya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**OPTIMASI TATA LETAK AREA PRODUKSI GALANGAN KAPAL  
FIBERGLASS**

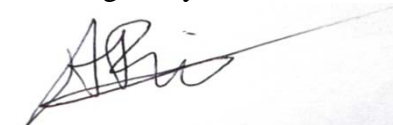
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 03 Juli 2012

Yang menyatakan



(Ari Purwanto Nugroho)

## **ABSTRAK**

Nama : Ari Purwanto Nugroho  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul : Optimasi Tata Letak Area Produksi Galangan Kapal  
Fiberglass

Galangan kapal FRP di Indonesia masih terus berkembang, sehingga tingkat produktivitasnya tergolong belum efisien dan maksimal. Untuk itu perlu diadakan pendekatan untuk meningkatkan sistem dan proses produksi galangan untuk mencapai produktivitas yang efisien dan maksimal seperti yang telah disebutkan. Optimasi tata letak area produksi yang baik dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk meningkatkan produktivitas galangan. Optimasi tata letak area produksi ini akan membantu proses produksi dalam hal aliran material dan penyesuaian kebutuhan area dengan alur produksi, sehingga dapat mengoptimalkan proses dan efisiensi produksi galangan.

Kata kunci: Galangan Kapal FRP, Tata Letak, Optimasi

## **ABSTRACT**

Name : Ari Purwanto Nugroho  
Program Study : Naval Architecture  
Script Title : Production Layout Area Optimization of Glass Fiber  
Reinforced Plastic Boatyard

Indonesian GFRP boatyard is still growing, therefore the productivity and efficiency of most boatyards are still relatively low. For this reason, improvement is needed to the production system of the boatyard in order to achieve optimum productivity and efficiency. Optimization of the layout of production area is proposed to improve boatyard productivity. Optimization of the layout of production area will improve the production process in terms of material flow and production process, so as to optimize the efficiency and productivity of the boatyard.

**Keywords:** FRP Boatyard, Layout, Optimization



## DAFTAR ISI

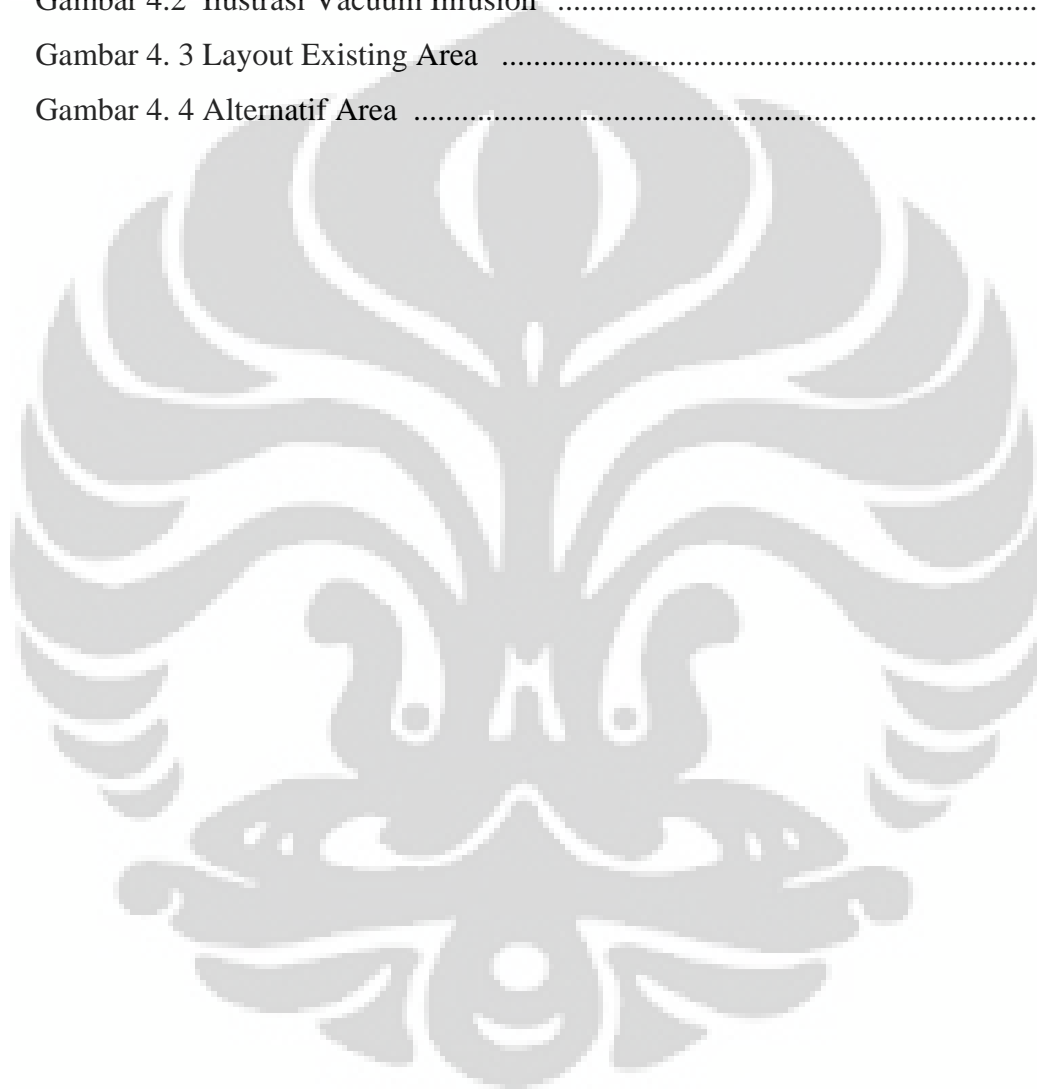
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR GRAFIK .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR FLOW CHART .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Metodologi Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Alur Proses Produksi .....	6
2.1.1 Pembuatan Plug .....	6
2.1.2 Pembentukan Mold .....	8
2.1.3 Pembentukan Badan Kapal .....	8
2.1.4 Proses Laminasi .....	10
2.1.5 Release .....	10
2.1.6 Assembling .....	11
2.1.7 Outfitting dan Instalasi .....	11
2.1.8 Finishig .....	12
2.2 Material .....	13

2.2.1 Reinforcement .....	13
2.2.2 Resin .....	16
2.2.3 Katalist dan Hardner .....	19
2.2.4 Gelcoat .....	20
2.3 Metode Laminsai .....	20
2.3.1 Metode Hand Lay-Up .....	20
2.3.2 Metode Chopper Gun .....	22
2.3.3 Metode Vacuum Infusion .....	23
2.4 Teknologi Vacuum Infusion .....	25
2.4.1 Rumus Penggunaan Resin .....	25
2.4.2 Scantling Rules .....	26
2.5 Tata Letak Pabrik .....	29
 <b>BAB III PENGUMPULAN DATA</b>	
3.1 Profil Perusahaan .....	32
3.2 Jenis Kapal Produksi .....	32
3.3 Kapasitas Produksi .....	34
3.4 Material Produksi .....	35
3.5 Proses Produksi .....	37
3.6 Fasilitas Produksi .....	37
3.7 Area Produks .....	39
 <b>BAB IV PENGOLAHAN DATA dan ANALISIS</b>	
4.1 Gambaran Umum Existing Area Dan Proses Produksi .....	42
4.2 Analisis Proses Produksi .....	43
4.3 Analisis Aliran Material dan Alur Produksi .....	47
4.3.1 Analisis Alternatif Tata Letak Area Produksi .....	49
 <b>BAB V KESIMPULAN dan SARAN</b> .....	
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	
53	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Plug .....	7
Gambar 2. 2 Plug .....	7
Gambar 2. 3 Mold .....	8
Gambar 2. 4 Wax .....	9
Gambar 2. 5 Proses pelapisan gel coat .....	9
Gambar 2. 6 Mold yang terlapisi gel coat .....	9
Gambar 2. 7 Proses pelepasan mold negatif .....	10
Gambar 2. 8 Proses assembling .....	11
Gambar 2. 9 Lapisan fiber komposit .....	13
Gambar 2. 10 Chopped Strand Mat .....	14
Gambar 2. 11 Woven Roving .....	15
Gambar 2. 12 Multi Axial .....	15
Gambar 2. 13 Proses Hand Lay-Up .....	22
Gambar 2. 14 Vacuum Infusion .....	24
Gambar 2. 15 Lapisan Vacuum Infusion .....	24
Gambar 3. 1 Kapal Ikan 30 GT .....	33
Gambar 3. 2 Kapal Patrol 8 meter .....	33
Gambar 3. 3 Kapal Perhubungan .....	33
Gambar 3. 4 Kapal Ambulance .....	33
Gambar 3. 5 Kapal Patrol Aluminium .....	33
Gambar 3. 6 Kapal Puskesmas Terapung .....	33
Gambar 3. 7 Speed Boat .....	33
Gambar 3. 8 Kapal Pancing .....	33
Gambar 3. 9 Pleasure Boat .....	34
Gambar 3. 10 RGB .....	34
Gambar 3. 11 Kapal Pariwisata .....	34
Gambar 3. 12 Kapal Ikan 30 GT .....	36
Gambar 3. 13 Lokasi Galangan .....	39
Gambar 3. 14 Layout Galangan .....	40
Gambar 3. 15 Workshop Bubut dan Las .....	41

Gambar 3. 16 Hangar .....	41
Gambar 3. 17 Slipway 1 .....	41
Gambar 3. 18 Slipway 2 .....	41
Gambar 3. 19 Daerah Aliran Sungai .....	41
Gambar 3. 20 Jalan Penghubung Hangar .....	41
Gambar 4. 1 Mold Kapal Ikan 30 GT .....	44
Gambar 4.2 Ilustrasi Vacuum Infusion .....	46
Gambar 4. 3 Layout Existing Area .....	47
Gambar 4. 4 Alternatif Area .....	49



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. 1 Perkembangan industri boat dunia .....	1
Grafik 1. 2 Jumlah perusahaan penangkap ikan .....	2
Grafik 1. 3 Jumlah produksiperikanan laut .....	2
Grafik 1. 4 Jumlah wilayah kerja offshore .....	3
Grafik 2. 1 Penggunaan jenis resin pada industri marine .....	19
Grafik 2. 2 Scantling number vs Thickness .....	27



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kombinasi curing aditif .....	17
Tabel 2. 2 Perbandingan sistem resin thermoset .....	18
Tabel 2. 3 Kandungan material FRP (Fiber Reinforced Plastic) .....	28
Tabel 3. 1 Daftar peralatan produksi .....	35
Tabel 3. 2 Fasilitas produksi .....	37



## DAFTAR FLOW CHART

Flow chart 3. 1 SOP Produksi Kapal Ikan 30 GT .....	37
---	----



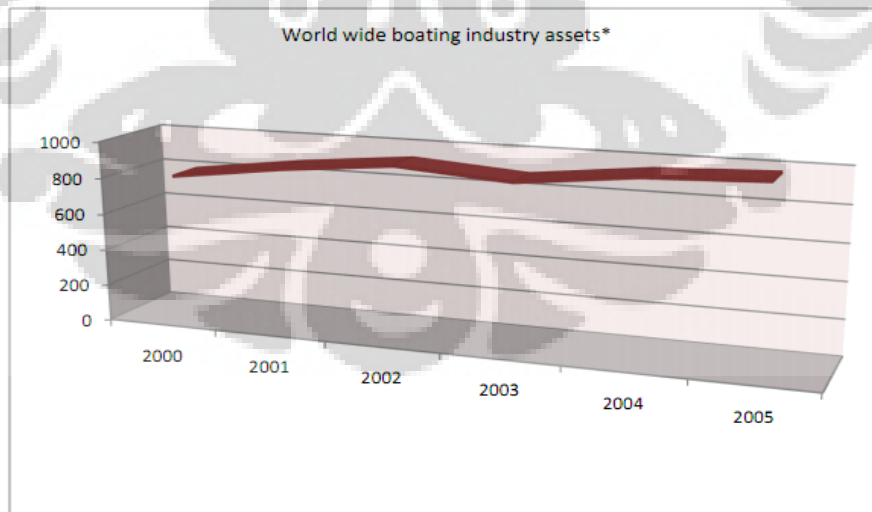
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Industri maritim di Indonesia pada saat ini menunjukkan peningkatan permintaan pasar. Industri maritim dapat didefinisikan sebagai semua perusahaan atau industri yang berkaitan dengan aktivitas di laut, yang termasuk didalamnya adalah transportasi laut, industri galangan kapal, *offshore*, penelitian dan *leisure*. Di Indonesia kegiatan atau aktivitas laut sangat tinggi menimbang sebagian besar wilayah Indonesia adalah laut, sehingga kapal yang berfungsi sebagai alat transportasi maupun alat kerja sangat dibutuhkan. Salah satunya adalah kapal FRP.

Permintaan kapal FRP mengalami kenaikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi negara Indonesia yang sedang dalam keadaan positif. Permintaan akan kebutuhan kapal FRP terlihat dalam beberapa dekade terakhir ini. Permintaan yang meningkat berasal dari sektor perikanan, pariwisata dan pertambangan minyak lepas pantai. Karena semua sektor ini membutuhkan alat transportasi, sehingga dengan meningkatnya pertumbuhan sektor tersebut maka kebutuhan akan kapal FRP juga akan meningkat.

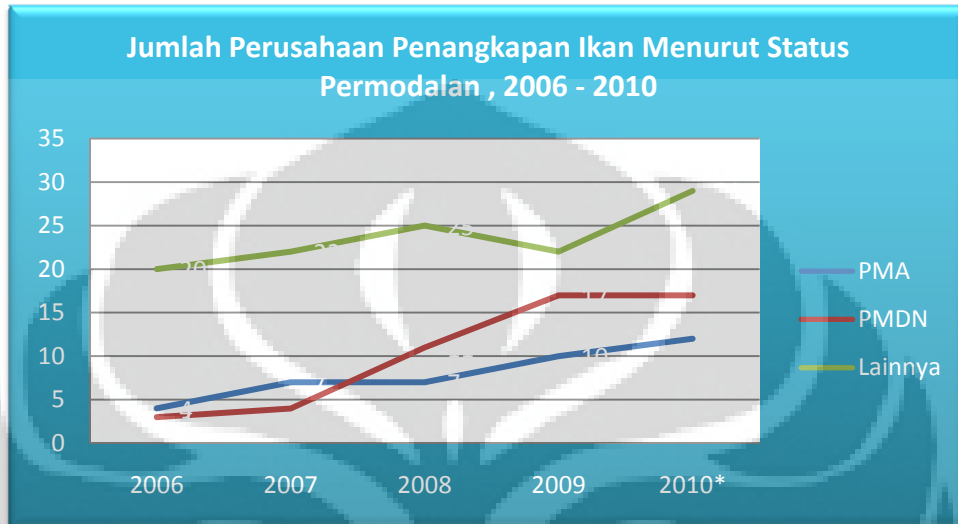


Grafik 1.1

*\*Taken from RINA (The Royal Institution of Naval Architect) Boating Magazine, 4th edition April 2006*



Dengan banyaknya permintaan akan kapal FRP sebagai kapal penangkap ikan, kapal *research*, *oceanic observation*, *crew boat* dan *patrol boat* tentunya akan menjadi peluang untuk para pemilik galangan dalam memenuhi permintaan tersebut. Hal ini dapat terlihat dalam data statistika yang menunjukkan peningkatan dari beberapa sektor perekonomian.



Grafik 1.2

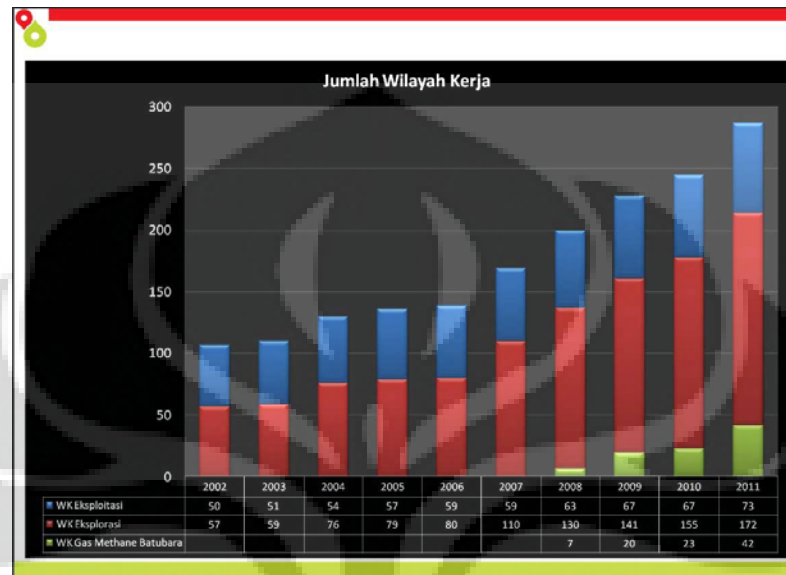
*Sektor Perikanan, Taken From Badan Pusat Statistik Republik Indonesia (Statistics Indonesia) website*



Grafik 1.3

*Sektor Perikanan, Taken From Badan Pusat Statistik Republik Indonesia (Statistics Indonesia) website*

Tetapi sangat disayangkan karena di Indonesia masih sedikit galangan yang memproduksi kapal FRP, sehingga banyak perusahaan yang bergerak di bidang offshore yang menyewa kapal ke pihak luar. Ini merupakan peluang yang sangat menjanjikan akibat permintaan akan kapal FRP yang sangat besar dibandingkan dengan jumlah galangan yang masih sedikit di Indonesia.



Grafik 1.4

*Sektor Pertambangan, Taken From BP Migas website*

Galangan kapal FRP di Indonesia sebagian besar masih dikerjakan secara tradisional atau konvensional yaitu dengan menggunakan metode *hand lay-up*, sehingga produktivitas masih tergolong belum efisien dan maksimal. Sehingga perlu diadakan pendekatan untuk meningkatkan sistem dan proses produksi galangan untuk mencapai produktivitas yang efisien dan maksimal seperti yang telah disebutkan. Perancangan tata letak area produksi yang baik dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk meningkatkan produktivitas galangan. Perancangan tata letak area produksi ini akan membantu proses produksi dalam hal aliran material dan penyesuaian area dengan alur produksi, sehingga dapat mengoptimalkan proses dan kapasitas produksi galangan.

## **1.2 PERUMUSAN MASALAH**

Permasalahan yang dapat dirumuskan dari penjelasan diatas adalah Meningkatkan produktivitas galangan boat yang masih tergolong rendah dan tidak efisien.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan penelitian ini adalah mengoptimasi tata letak area produksi galangan kapal FRP serta proses produksi yang maksimal dan efisien. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi masukan atau pertimbangan bagi galangan kapal FRP di Indonesia.

## **1.4 BATASAN MASALAH**

Agar permasalahan yang ada tidak meluas maka perlu dibatasi oleh beberapa hal dibawah ini :

- a. Optimasi area produksi galangan kapal FRP dengan jenis tertentu dan galangan berlokasi di tepi sungai.
- b. Kapal FRP yang dibuat pada galangan ini menggunakan material komposit.
- c. Konsentrasi produksi terletak pada pembuatan bangunan utama kapal.
- d. Optimasi tidak mengacu pada unsur biaya atau nilai dalam mata uang tertentu.
- e. Optimasi hanya untuk produksi satu jenis kapal.

## **1.5 METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian yang digunakan sebagai berikut :

- a. Studi literatur  
Mempelajari tulisan-tulisan yang berhubungan dengan galangan kapal boat.
- b. Wawancara praktisi  
Wawancara langsung dengan praktisi yang ada dilapangan.
- c. Studi lapangan  
Melakukan penelitian lapangan

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Penulisan skripsi ini memiliki sistematika seperti berikut :

### **BAB I Pendahuluan**

Membahas latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II Landasan Teori**

Teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini dibahas pada bagian ini.

### **BAB III Pengumpulan Data**

Membahas data galangan yang dibutuhkan untuk analisis lanjutan.

### **BAB IV Pengolahan Data dan Analisis**

Membahas proses optimasi dari fasilitas galangan yang ada.

### **BAB V Kesimpulan**

Menyimpulkan hasil-hasil yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya dan menjawab tujuan penelitian.

### **Daftar Pustaka**

Berisi tentang sumber data dan acuan yang digunakan dalam pembuatan penelitian ini.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 ALUR PROSES PRODUKSI**

Dalam memulai produksi kapal FRP, tahapan awal yang harus diperhatikan adalah persiapan pembuatan mold yang akan digunakan untuk membangun kapal. Proses produksi kapal FRP berbeda dengan kapal baja. Proses produksi kapal FRP lebih ringan dibandingkan kapal baja seperti pengelasan, *assembly*, *cutting*.

Kapal FRP hanya dibuat dengan bermodal awalnya sebuah cetakan atau mold untuk membentuk kapal tersebut. Jika sebuah galangan mendapat pesanan pembuatan kapal, diharapkan hanya menerima pesanan kapal satu tipe dengan jumlah lebih dari satu buah agar mold yang dibuat tetap terpakai untuk meningkatkan keefektifan galangan. Namun, untuk galangan yang baru berdiri atau dalam tahap pengembangan bisa menerima pesanan kapal 1(satu) tipe hanya 1 (satu) buah. Untuk kasus seperti ini, tidak perlu membuat mold sebagai cetakan tapi langsung dijadikan kapalnya dengan menghaluskan bagian luarnya dengan tujuan menghemat proses produksi bagi para galangan yang baru berdiri. Berikut alur proses produksi pembuatan kapal FRP :

##### **2.1.1 Pembuatan Plug**

Dari data dan dimensi kapal yang telah dirancang, akan dibentuk plug dari kapal yang akan kita bangun berdasarkan desain gading dan bentuk pada gambar kapal. Langkah awalnya galangan harus membuat frame – frame (kerangka) untuk membentuk badan kapal. Biasanya frame berbahan kayu dan untuk melapisi bagian luarnya menggunakan kayu lapis sehingga dapat menutupi semua permukaan dari semua gading yang telah terbentuk.

Kemudian dilanjutkan dengan proses penghalusan menggunakan dempul dan diberikan lapisan melamin sehingga bagian luarnya akan menjadi halus dan mudah mengangkat mold dari plug nantinya.

Jika galangan menerima pesanan hanya 1 (satu) tipe kapal dan belum pernah dibuat sehingga tidak ada moldnya, untuk mengefisienkan biaya biasanya tidak perlu membuat plug.

Langsung membuat cetakan yang biasanya dari kayu dan kayu lapis atau yang sering disebut dengan “*model one-off*”. Akan tetapi, cetakan ini hanya bisa digunakan sekali saja.



Gambar 2.1



Gambar 2.2

Lama proses pembentukan plug biasanya sekitar 1-2 minggu untuk kapal berukuran 7 – 15 m.

### 2.1.2 Pembentukan Mold

Setelah proses pembentukan plug selesai, kegiatan produksi selanjutnya adalah pembentukan mold (cetakan). Mold dibentuk sesuai dengan plug yang telah dibuat sebelumnya. Material yang digunakan adalah material FRP.

Lapisan fiberglass dan resin disusun pada bagian permukaan luar dari plug. Biasanya dalam proses pencetakan, plug dibuat terlungkup yang bertujuan untuk mempermudah proses laminasi. Tebal lapisan FRP untuk membentuk mold sekitar 5 mm yang tersusun dari Mat dan woven roving. Sebelum penyusunan dimulai, permukaan plug dipoles dengan “*wax*” terlebih dahulu agar saat pelepasan mold dari plug menjadi mudah.



Gambar 2.3

Lama proses pembentukan mold untuk kapal berukuran 7 – 15 m adalah sekitar 1 minggu.

### 2.1.3 Pembentukan Badan Kapal

Proses selanjutnya adalah pembentukan bagian – bagian dari badan kapal mulai dari lambung hingga superstructure. Yang digunakan untuk membentuk badan kapal adalah mold yang telah diproduksi pada proses sebelumnya.

Langkah awal adalah proses polishing atau proses pelapisan pada permukaan dalam mold dengan menggunakan “wax” yang fungsinya agar saat pengangkatan hasil cetakan dari mold dapat diangkat dengan mudah.

Gambar 2.4



Setelah proses polishing dilakukan, selanjutnya proses pelapisan mold dengan material gel coat yang berfungsi untuk memberikan bentuk yang maksimal pada lapisan luar kapal. Selain itu gelcoat juga bersifat tahan korosi dan reaksi kimia sehingga dapat melindungi lambung. Pada umumnya, material gelcoat diberikan pigmen pewarna sehingga memiliki nilai estetika dari badan kapal yang diproduksi. Walaupun nantinya pada tahap akhir lapisan terluar kapal akan diberi cat.

Gambar 2.5



Gambar 2.6



as Indonesia



#### 2.1.4 Proses Laminasi

Proses berikutnya adalah proses laminasi dengan material utama fiberglass dan resin. Proses laminasi badan kapal terdiri 4 metode, yaitu *Hand-Lay Up*, *Vacuum Baging*, *Chopper Gun* dan *Vacuum Infusion*. Umumnya yang kebanyakan dipakai adalah masih menggunakan metode konvensional yaitu *Hand-Lay Up*, tapi metode terbaru seperti vacuum infusion menghasilkan cetakan badan yang kuat, merata, penggunaan resin lebih efisien serta lebih ringan.

Yang perlu diperhatikan dari kegiatan laminasi pada proses produksi pembuatan badan kapal adalah menghindari terjadinya proses polimerisasi yaitu lapisan menjadi padat dan licin sehingga saat ingin menambah lapisan, material tidak akan menyatu dan akhirnya terjadinya pecah pada badan kapal.

Untuk lapisan pertama dan yang terakhir dari laminasi yang paling baik menggunakan material *Chopped Strand Mat* dengan massa jenis  $300 \text{ gr/m}^2$ . Hal ini dikarenakan sifat material pada Mat lebih lentur dan fleksibel sehingga sangat cocok untuk badan kapal.

#### 2.1.5 Release

Proses release merupakan proses pemisahan kapal boat dan bangunan atas dari moldnya dengan menggunakan bantuan crane.

Gambar 2.7



### 2.1.6 *Assembling*

Lambung dan superstructure yang telah dilepas dari moldnya kemudian disatukan atau diassembling. Saat penyambungan diberi celah atau ruang tambah antara kedua bagian yang akan kita sambung dan menambahkan lapisan laminasi pada ruang tambahan tersebut. Dimulai dari bagian dalam hingga bagian terluar badan kapal. Setelah dilaminasi, bagian sambungan tersebut diberi fender agar menguatkan antara sambungan.

Gambar 2.8



### 2.1.7 *Outfitting dan Instalasi*

Tahapan selanjutnya adalah proses outfitting, instalasi peralatan dan perlengkapan kapal.

#### a. Sistem Perpipaan Kapal

Peralatan dalam sistem perpipaan terdiri dari pipa, katup (*valve*), flen, filter, fitting, pompa, dan lain - lain.

#### b. Sistem Listrik dan Navigasi

Jaringan listrik dan panelnya mulai dipasang. Instalasi peralatan dan perlengkapan navigasi mengikutipanduan teknisi dari pabrik pembuat (*supplier*), serta dilaksanakan setelah instalasi blok rumah kemudi dan sebagian interiornya. Penetrasi kabel – kabel yang menembus sekat dibuat rapi dan kedap.

c. Mesin Induk dan Generator

Selanjutnya proses instalasi mesin induk dan generator dapat dilakukan. Dalam pemesanan permesinan membutuhkan waktu lama, maka pemasangan mesin bisa dilakukan setelah kapal diluncurkan. Penyetelan mesin induk ini harus mempertimbangkan sudut kemiringan poros propeller, persyaratan ketebalan bantalan dudukan mesin (*chock past*).

d. Peralatan dan Perlengkapan Kapal

Peralatan dan perlengkapan (*others miscellaneous and equipment*) ini mulai dipasang, seperti peralatan komunikasi, tiang radar, sistem pemadam kebakaran, steering gear, sistem pengatur udara (AC) dan ventilasi mekanik, windlass, rantai jangkar, dan lain – lain. Sama seperti permesinan, ada juga pemasangan perlengkapan kapal dilakukan setelah kapal diluncurkan.

### 2.1.8 *Finishing*

Finishing merupakan proses penyempurnaan kapal yang sudah di assembling, meliputi :

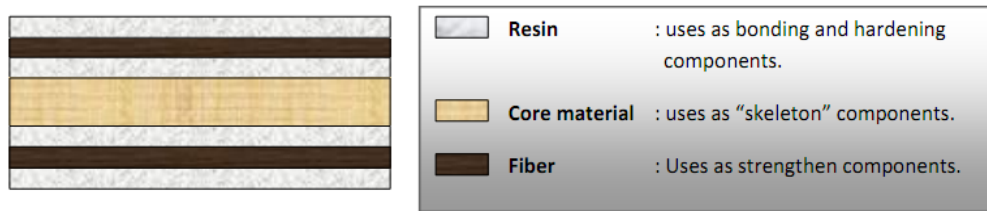
- a. Pendempulan bagian lambung, deck, dan sekat – sekat yang masih kasar.
- b. Pengecatan pada bagian kapal, seperti interior maupun eksterior kapal.
- c. Pemasangan perlengkapan interior, seperti akomodasi, kursi-kursi, dan lain – lain.
- d. Pemasangan perlengkapan keselamatan, seperti Life Boat atau rescue boat, Life Raft, Life Buoy, Life Jacket, perlengkapan pemadam kebakaran, dan lain – lain.

Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk tahapan proses dari pembentukan kapal hingga tahap penyelesaian adalah sekitar 2 – 3 bulan untuk kapal berukuran 7 – 15 m.

## 2.2 MATERIAL

Material merupakan integral dari struktur komposit yang dibentuk. Ilmu material sangat penting dipahami untuk mengetahui perilaku struktur komposit. Fiber Komposit terdiri dari 3 bahan dasar yaitu Reinforcement / fiber, resin, dan core material.

Gambar 2.9



Semua bahan diatas memiliki spesifikasi masing-masing, sehingga kita harus mengetahui bahan yang cocok digunakan agar mendapatkan hasil yang bagus.

### 2.2.1 Reinforcement

Reinforcement atau penguat ada beberapa jenis, seperti dibawah ini :

#### a. *Fiberglass*

Lebih dari 90% penggunaan penguat menggunakan fiberglass karena murah untuk diproduksi dan kekuatannya relatif baik. Selain itu fiberglass juga memiliki ketahanan kimia yang baik.

#### b. *Polymers Fibers*

Polymers fibers atau serat polimer merupakan serat organik yang paling utama, yang digunakan untuk pengganti steel belting pada weight, high tensile strength, modulus tinggi, tahan impact dan fatigue.

#### c. *Carbon Fibers*

Serat karbon memberikan kekuatan kekakuan yang sangat tinggi dibanding dengan penguat lainnya. Kinerja pada suhu tinggi sangat baik akan tetapi carbon fibers memiliki kekurangan yaitu biayanya yang cukup mahal.

Reinforcement yang digunakan pada industri galangan boat fiber ini adalah fiberglass. Fiberglass sangat umum digunakan pada industri galangan boat fiber karena biayanya relatif murah dibandingkan dengan carbon fiber dan polymer fiber serta memiliki kekuatan yang baik.

Jenis-jenis fiberglass yang umum digunakan adalah :

a. *Chopped Strand Mat (CSM)*

Chopped Strand Mat (CSM) atau sering dikenal dengan “MAT” adalah merupakan fiberglass yang dibuat dari cincangan serat kaca yang disebar mengikuti pola tumpahan jerami yang arahnya acak.

Gambar 2.10

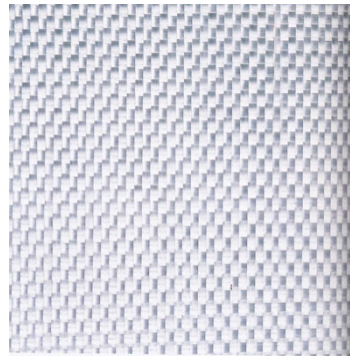


CSM yang telah dibasahi dengan resin (biasanya dengan perbandingan 1 CSM : 2,5 – 3 Resin), setelah mengeras akan mempunyai kekuatan tarik (tensile strength) dan kekuatan lentur (flexural strength) hampir 2 kali lipat dibandingkan dengan resin matang tanpa pengisi. CSM biasanya memiliki kode seperti CSM 300 yang artinya adalah CSM dengan kepadatan 300 gr/m<sup>2</sup>.

b. *Woven Roving*

Woven Roving berwujud seperti anyaman dengan kelompok serat panjang yang relatif tebal. Biasanya dikemas berupa gulungan dari silinder. Karena WR terbuat dari 2 arah serat kaca continue dengan arah diantaranya  $90^0$ . WR yang belum dibasahi dengan resin merupakan lembaran yang kuat, yang jika ditarik terutama dari arah  $0^0$  –  $90^0$  mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi.

Gambar 2.11

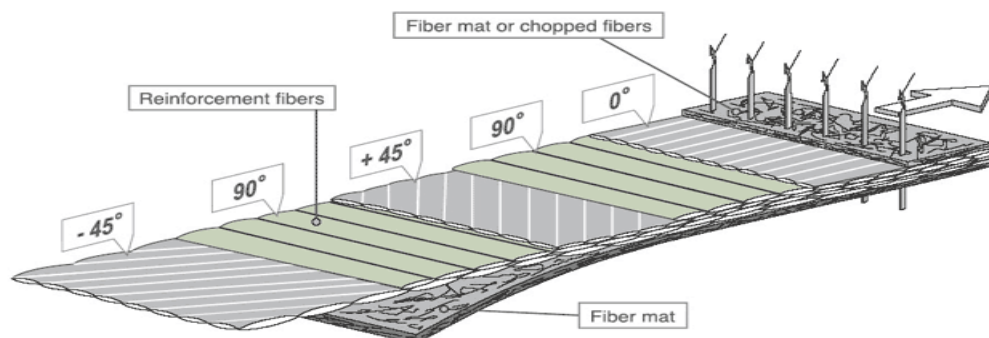


WR biasanya digunakan untuk tangki – tangki pada kapal atau apa saja yang besar dan harus tebal. WR memiliki permukaan yang tidak rata, 3 bukit 2 lembah. Sehingga jika menginginkan hasil yang rata diperlukan resin yang cukup untuk mengisi lembah tersebut. Selain itu penyerapan resin ke WR agak sukar karena rapatnya helai dari roving.

c. *Multi Axial*

*Multi axial* terdiri dua atau lebih lapisan serat dengan orientasi arah berbeda ( $0^0$  ;  $90^0$  ;  $45^0$  ;  $-45^0$ ) yang dijahit dengan benang polimer yang halus.

Gambar 2. 12  
Susunan multiaxial



Kelebihan multiaxial dibandingkan dengan woven roving adalah :

- Dapat memperbaiki kekuatan dan kekokohan dari fiberglass tanpa harus menambah ketebalan fiberglass.
- Mengurangi pemakaian resin.  
Rasio resin terhadap glass untuk woven roving ( 1,5 : 1)  
Rasio resin terhadap glass untuk multiaxial (1 : 1)  
Jika menggunakan system “Vacuum Infusion” rasio resin : fiberglass adalah 0.9 : 1
- Kerataan permukaan multiaxial jauh lebih baik dibanding woven roving
- Ketebalan dari *multi axial* lebih tipis dibanding woven roving
- Hasil fiberglass lebih padat dan tidak ada udara yang terperangkap.

### 2.2.2 Resin

Cairan Resin yang umum digunakan oleh galangan fiber boat adalah *polyester resins*. Cairan *polyester resin* ini akan dicampur dengan *catalyst* yang akan mengakibatkan reaksi kimia yaitu polimerisasi yang didunia industri kapal dikenal dengan istilah *curing*.

Proses inilah yang akan menyebabkan campuran material dan fiberglass menjadi suatu material yang rigid dan akhirnya membentuk hull kapal sebagai satu kesatuan mata rantai yang solid. Jenis- jenis resin yang digunakan tidak hanya polyester tapi ada beberapa tipe, yaitu :

#### a. *Polyester Resin*

*Polyester Resin* sangat sederhana, ekonomis dan sangat mudah digunakan serta ketahanan kimia yang baik. Unsaturated Polyester terdiri dari bahan tidak jenuh seperti anhidrida maleat atau asam fumarat, yang dilarutkan dalam suatu monomer reaktif seperti stirena. *Polyester Resin* telah lama dianggap sebagai thermoset paling beracun sehingga adanya pengembangan formula alternatif.

Kebanyakan *Polyester resin* bersifat memerangkap udara dan tidak akan sembuh atau *cure* saat terkena udara.

Biasanya, paraffin ditambahkan untuk pada formula resin yang memiliki efek menyegel permukaan selama proses *curing*.

Kekakuan *polyester resin* dapat dikurangi dengan meningkatkan rasio jenuh pada asam tak jenuh. Flexible resin mungkin menguntungkan untuk meningkatkan ketahanan impact, namun akibatnya mengorbankan kekakuan girder lambung secara keseluruhan. *Curing* polyester tanpa penambahan panas dilakukan dengan menambahkan accelerator dan katalis secara bersamaan. Waktu *gel* dapat dikendalikan dengan hati-hati dengan memodifikasi formula untuk mencocokkan kondisi suhu lingkungan dan ketebalan laminasi.

Kombinasi *curing* aditif berikut adalah yang paling umum digunakan untuk *polyester* :

Catalyst	Accelerator
Methyl Ethyl Keytone Peroxide (MEKP)	Cobalt Napthanate
Cuemene Hydroperoxide	Manganese Napthanate

Tabel 2.1

Aditif resin lainnya dapat memodifikasi viskositas dari resin jika vertikal atau overhead surface saat dilaminasi. Efek ini dicapai melalui penambahan silicon dioksida, dalam hal resin disebut *thixotropic*.

b. *Vinyl Ester Resin*

*Vinyl Ester Resin* adalah jenis unsaturated resin atau resin tak jenuh yang dibuat dari reaksi asam tak jenuh monofungsional seperti *methacrylic* atau *acrylic* dengan *bisphenol diepoxide*. Polimer yang dihasilkan dicampur dengan monomer tak jenuh seperti stirena. Penanganan dan karakteristik performance *Vinyl Ester Resin* mirip dengan *Polyester Resin*. Beberapa keunggulan dari resin ini



adalah memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, stabilitas hidrolitik, sifat fisika sangat baik seperti tahan impact dan fatigue.

c. *Epoxy Resin*

*Epoxy Resin* menunjukkan karakteristik kinerja terbaik dari semua resin yang digunakan dalam marine industry. Aplikasi pada *aerospace* hampir menggunakan *epoxy* secara eksklusif, kecuali saat kinerja suhu sangat tinggi. Tingginya biaya *epoxy* dan penanganan yang sulit membatasi penggunaannya untuk *marine structure* yang besar.

Tabel berikut menunjukkan beberapa data perbandingan untuk berbagai sistem resin thermoset :

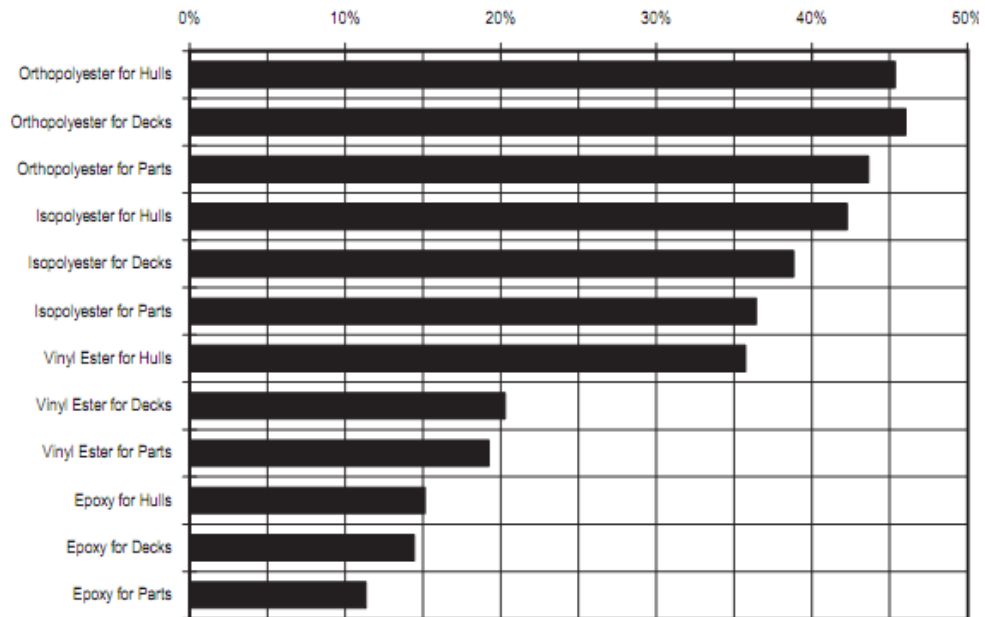
Resin	Barcol Hardness	Tensile Strength psi x 10 <sup>3</sup>	Tensile Modulus psi x 10 <sup>5</sup>	Ultimate Elongation	1990 Bulk Cost \$/lb
Orthophthalic Atlas P 2020	42	7.0	5.9	.91%	.66
Dicyclopentadiene (DCPD) Atlas 80-8044	54	11.2	9.1	.86%	.67
Isophthalic CoRezyn 9595	46	10.3	5.65	2.0%	.85
Vinyl Ester Derakane 411-45	35	11-12	4.9	5-6%	1.44
Epoxy Gouegon Pro Set 125/226	86D*	7.96	5.3	7.7%	4.39
*Hardness values for epoxies are traditionally given on the "Shore D" scale					+

Tabel 2. 2

Walaupun memiliki nilai kekuatan tarik yang berbeda-beda tetapi ketiga jenis material resin ini biasa digunakan pada proses pembangunan kapal.

Nilai kekuatan tariknya juga bisa meningkatkan jika proses laminasinya dengan material fiberglass menggunakan proses *vacuum infusion* sehingga hasil yang didapatkan lebih maksimal.

Berikut data penggunaan jenis resin pada *marine industry* :



Grafik 2.1

### 2.2.3 Katalis dan Hardener

Kedua material ini mempunyai fungsi yang sama yaitu sebagai material yang berfungsi mempercepat terjadinya proses *curing* atau *polimerisasi* antara resin dengan fiberglass. *Hardener* lebih dikenal sebagai pasangan dari *epoxyresin*, dimana epoxy dicampur dengan hardener akan berfungsi mempercepat proses polimerisasi, sedangkan *catalyst* adalah material yang mempunyai fungsi yang sama dengan *hardener* tetapi digunakan sebagai pasangan *polyester resin*.

Katalis yang dikenal dengan istilah *Metil Etil Keton Peroxide* mempunyai sifat yang mudah meledak atau terbakar karena kandungan  $O_2$  bebasnya cukup besar. Untuk menghindarinya maka kandungan  $O_2$  dinonaktifkan, sehingga tidak mudah meledak. Untuk material *hardener* pada *epoxy resin*, material ini tidak mudah terbakar sehingga tidak terlalu berbahaya.

#### 2.2.4 *Gelcoat*

*Gelcoat* adalah material yang digunakan sebagai lapisan terluar dari lambung kapal yang akan dibangun. Sebelum dilapisi *gelcoat*, biasanya *female mold* akan dilapisi dengan *wax* untuk mempermudah pemisahan lambung yang terbentuk dari *female mold*nya.

*Gelcoat* berfungsi memberikan lapisan kera pada lambung kapal sehingga lambung kapal tidak mudah terabrasi.

*Gelcoat* memiliki sifat yang hampir sama dengan resin tetapi memiliki kekentalan yang lebih besar nilainya. *Gelcoat* akan melapisi lapisan terluar dari lambung kapal dengan ketebalan awal antara 0,5-0,76 mm dan kemudian akan dilapisi dengan CSM, lapisan inilah yang dikenal dengan istilah *skin coat*. Lapisan luar yang terbentuk dari lapisan *gelcoat* ini biasanya sudah mempunyai warna atau pigmen untuk memaksimalkan lapisan akhirnya.

### 2.3 METODE LAMINASI

Dalam pembuatan kapal boat ada 3 (tiga) metode laminasi yaitu metode *hand lay up*, metode *chopper gun* dan metode *vacuum infusion*. Berikut proses masing – masing metode :

#### 2.3.1 *Metode Hand Lay-Up*

Metode *hand lay-up* merupakan metode yang paling mudah dan sederhana. Proses laminasi hanya menggunakan tangan dibantu dengan roll yang berfungsi untuk menyatukan material fiberglass dan resin sehingga resin dapat menyerap kedalam lapisan fiberglass dengan maksimal sehingga proses *curing* dapat berlangsung dengan baik dan hasil akhir dari proses laminasi dapat maksimal.

Kekurangan metode ini adalah tidak maksimalnya hasil penyatuan dari lapisan atau susunan antara fiberglass dan resin pada bagian kapal yang terbentuk.

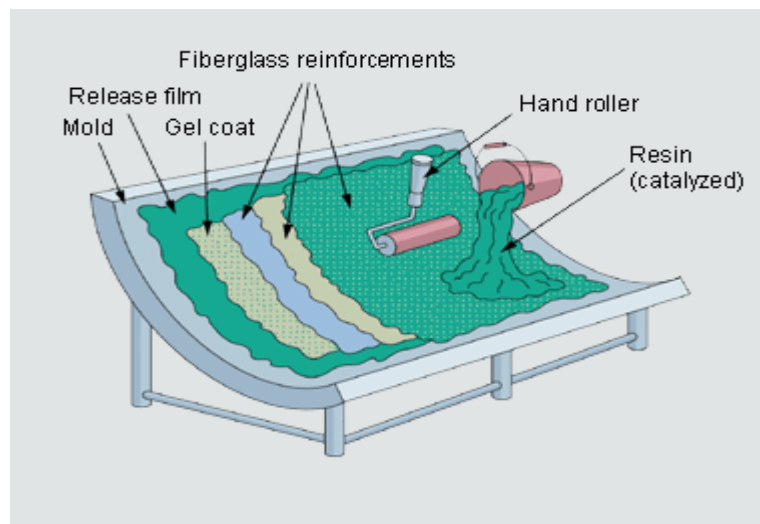
Hal ini dikarenakan penggunaan alat untuk menyatukan material resin dan fiberglass hanya menggunakan roll sehingga tekanan yang dihasilkan tidak maksimal dan tidak merata diseluruh bagian badan kapal. Sehingga masih ada kemungkinan terdapatnya ruang yang berisi udara yang bisa mengakibatkan berkurangnya nilai kekuatan tarik dari kapal.

Proses pelapisan material fiberglass dan resin akan diteruskan sampai didapatkan ketebalan yang diinginkan dan sesuai dengan karakteristik yang ingin diaplikasikan pada kapal yang diproduksi. Prosesnya yang mudah dan tidak membutuhkan peralatan yang mahal membuat proses pembentukan kapal menggunakan tipe ini cukup diminati oleh sebagian besar galangan kapal walaupun waktu produksi badan kapal dengan menggunakan metode ini cukup panjang.

Keuntungan dari metode ini jika diterapkan maka hasil lapisan badan kapal yang dihasilkan halus, baik lapisan terluar maupun lapisan dalam dari badan kapal. Walaupun terdapat beberapa kekurangan dari metode ini tetapi sifat mekanis yang dihasilkan sudah lebih dari cukup untuk diaplikasikan pada kapal-kapal pada umumnya. Berikut prosedur metode ini :

- a. Mempersiapkan mold/ cetakan
- b. Cetakan di wax dan di poles untuk mempermudah menggunakan mold kembali
- c. Gelcoat dipoles pada permukaan cetakan dan dibiarkan mengeras sebelum memasang lapisan.
- d. Barrier coat juga digunakan untuk menghindari terjadinya tercetak serat melalui permukaan gelcoat.
- e. Fiberglass kemudian dipasang sesuai dengan mengikuti pola mold atau cetakan. Biasanya jenis fiberglass yang digunakan adalah chopped strand mat atau yang dikenal dengan MAT dan woven roving.
- f. Resin dicampur dengan katalis dan diaduk sampai rata kemudian ditampung dalam tangki penampungan.

- g. Resin yang telah dicampur dengan katalist disemprotkan ke permukaan cetakan dengan menggunakan spray gun. Spray gun digerakkan dengan pola yang telah ditentukan untuk membuat ketebalan yang sama.
- h. Kemudian menggunakan kuas atau roller untuk memadatkan serat yang dituangkan maupun disemprot dengan resin agar menghasilkan permukaan yang halus dan menghilangkan udara yang terperangkap.
- i. Bisa menggunakan kayu, foam, honeycomb core yang dipasang kedalam laminasi untuk membuat sandwich structure.
- j. Laminasi akan mengering sendiri.



Gambar 2. 13  
Proses hand lay-up

### 2.3.2 Metode *Chopper Gun*

Metode ini sangat berbeda dengan metode sebelumnya. Metode ini menggunakan semacam pistol yang berfungsi untuk menembakkan fiberglass dalam potongan yang kecil dan pendek yang dicampur dengan resin diseluruh lapisan mold yang kemudian disatukan dengan bantuan roll. Potongan fiber yang terbentuk dalam potongan kecil-kecil dikenal dengan istilah *chopped fibers* sehingga metode ini dinamakan dengan metode *chopped gun*.

Dibandingkan dengan metode sebelumnya, metode ini cukup memiliki banyak kekurangan, dengan lapisan fiberglass yang terpotong-potong dalam ukuran yang pendek dan menyebar kesegala arah secara acak maka hasil laminasi dari metode ini memiliki kekuatan tarik yang rendah. Hal lain yang menjadi kendala adalah ketebalan yang dihasilkan tidak merata karena tidak adanya control terhadap ketebalan sehingga hasilnya pun kurang padat.

Tetapi metode ini bisa dipertimbangkan jika galangan membutuhkan proses produksi yang cepat dan biaya yang murah karena dengan menggunakan metode ini tidak membutuhkan banyak waktu dan biaya yang rendah. Hasil laminasi yang didapatkan juga cukup ringan.

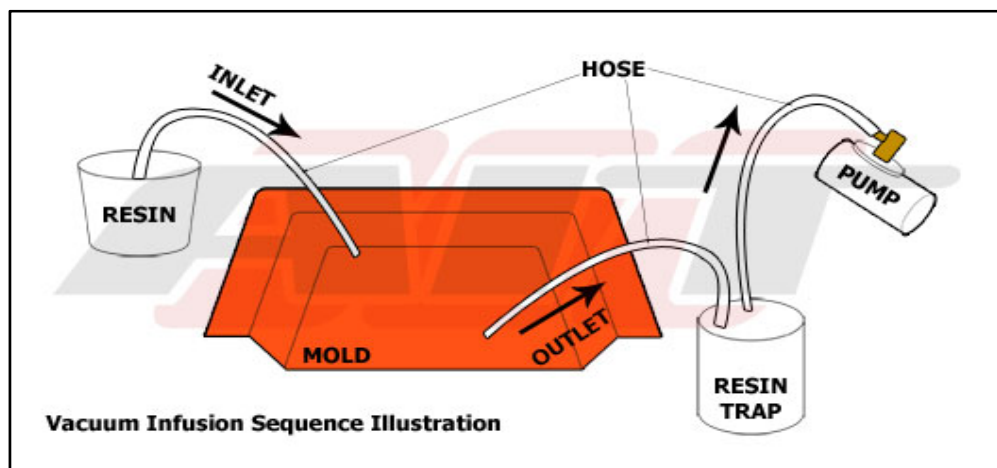
### 2.3.3 Metode *Vacuum Infusion*

Metode *Vacuum Infusion* masih jarang digunakan pada galangan dalam negeri karena metode ini masih tergolong baru. Metode ini memanfaatkan tekanan dari pompa yang menghasilkan vakum sehingga paduan resin dan fiberglass dapat ditekan dengan merata. Keuntungan dari metode ini adalah hasil laminasi yang lebih tipis, merata dan lebih kuat. Metode ini juga dikerjakan dengan kondisi yang lebih bersih dibanding dengan metode sebelumnya. Namun kekurangannya adalah biaya yang lebih mahal dibanding metode sebelumnya karena persiapan menggunakan metode ini cukup mahal akan tetapi kekurangan ini dapat ditutupi dengan penggunaan resin lebih hemat 50% dibandingkan dengan metode sebelumnya serta hasilnya yang lebih tipis, kuat dan ringan.

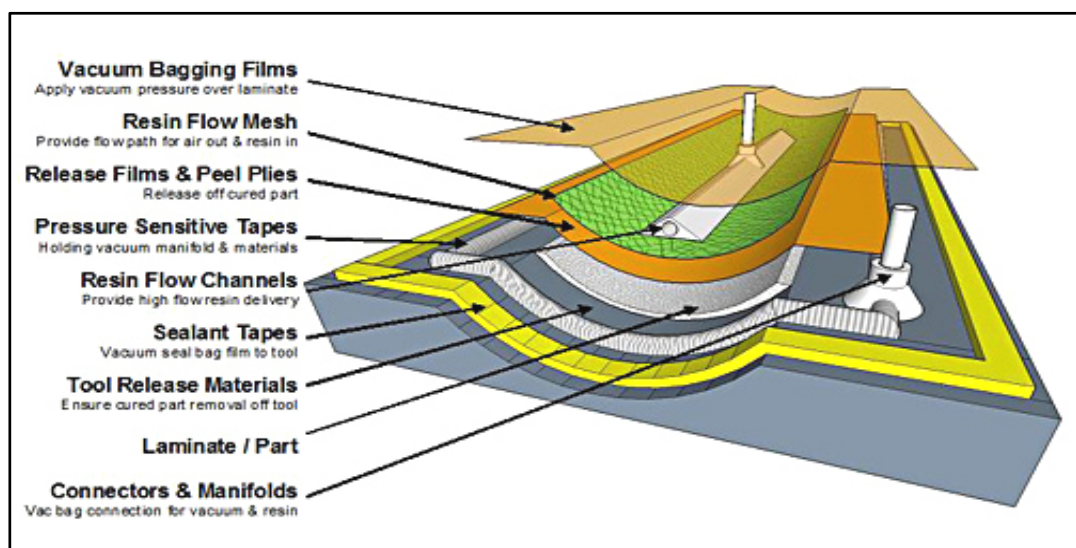
*Vacuum Infusion* merupakan salah satu sistem *Resin Transfer Moulding* (RTM). Dalam Sistem RTM, resin disuntikkan kedalam suatu cetakan tertentu kemudian bagian atasnya ditutup dengan cetakan yang rigid. Hasil cetakannya berupa barang atau part yang mempunyai 2 sisi kosmetik/halus.

Sistem vacuum infusion pada prinsipnya sama seperti sistem RTM hanya saja cetakan pada bagian atasnya diganti dengan plastik film (plastic sheeting) dan media pendistribusian resin (resin distribution medium).

Beberapa lapisan penguat (CSM, WR atau Multiaxial Fiberglass) ditempatkan dalam cetakan yang terlebih dahulu dilapisi dengan gelcoat. Diatas lapisan bahan penguat diletakkan kain Nylon (peel-ply) kemudian diatasnya diletakkan media pendistribusian resin, kemudian plastic film dan sedang jalur masuk resin (feed hose) diletakkan diantara media - pendistribusi dan plastik. Vacuum port diletakkan mengelilingi area fiberglass yang akan diberi resin.



Gambar 2. 14



Gambar 2. 15

## 2.4 TEKNOLOGI VACUUM INFUSION

Vacuum infusion masih sangat jarang ditemui di kalangan yang ada di Indonesia. Mereka masih menggunakan sistem konvensional yaitu metode hand lay-up. Metode hand lay up ini sangat banyak memiliki kelemahan. Mulai dari segi penggunaan material resin dan waktu pembuatan. Untuk meningkatkan optimalisasi kinerja galangan tidak hanya dipengaruhi oleh bentuk layout tapi juga metode yang digunakan.

#### 2.4.1 Rumus Penggunaan Resin

Untuk menghitung berapa penggunaan resin yang dibutuhkan menggunakan rumus berikut yang mengacu pada rules DNV dan ABS.

##### a. Metode *Hand Lay-Up*

- *Untuk Chopped Strand Mat*

Serat : Resin = **28 : 72** (28 Kg CSM membutuhkan 72 Kg resin)

- *Untuk Woven Roving dan Woven Fabric*

Serat : Resin = **35 : 65** (35 Kg WR membutuhkan 65 Kg resin)

- *Biaxial dan Undirectional*

Serat : Resin = **50 : 50** (50 Kg BA membutuhkan 50 Kg resin)

##### b. Metode *Vacuum Infusion*

Pada metode ini, CSM tidak dapat di infus karena terlalu sulit. Infusion bekerja maksimal pada Non-Woven Roving seperti Multiaxial, yaitu : Serat : Resin = **65 : 35** (65 Kg MA membutuhkan 35 Resin)

Disini terlihat secara signifikan penghematan resin. Pada vacuum infusion CSM tidak dapat diinfus. Sehingga CSM harus tetap menggunakan hand lay-up. CSM harus tetap digunakan sebagai barrier coat yang berfungsi sebagai anti osmosis.

Csm sifatnya lembut dan jadi barrier/penghadang osmosis yang kuat, selain itu membentuk permukaan lebih halus dan



mencegah efek "print through". Barrier coat terdiri dari 2 lapisan CSM 300 yang dilaminasi dengan hand lay-up, setelah itu disusun multiaxial dengan infusio di atasnya.

#### 2.4.2 *Scantling Rules*

Referensi utama untuk semua aturan scantling dalam unsur kekuatan kapal adalah Sn (Scantling Number). Untuk menentukan dimensi, berat, dan bentuk dari struktur komponen-komponen pada kapal boat, pertama perlu mempertimbangkan Sn. Sistem ini telah ditata dan dirancang sehingga Sn sama untuk semua rules yang ada.

Pada metode hand lay-up, yang dihitung adalah ketebalan kulit lambung yang didapat berdasarkan scantling number dan glass content rata-ratanya harus diatas 28%. Sedangkan pada metode vacuum infusio bukan berdasarkan ketebalannya tetapi berdasarkan glass content per meter persegi.

##### a. Metode *Hand Lay-Up*

Formula scantling number adalah sebagai berikut :

$$Sn = \frac{LOA + B + D}{28.32}$$

- LOA = panjang keseluruhan kapal (m)  
 B = lebar kapal terluar (m)  
 D = draft atau sarat kapal (m)

Kemudian pada dimensi juga terdapat koreksi sebagai berikut :

- Jika LOA dibagi dengan LWL nilainya lebih besar dari 108 %, maka harus dikoreksi dengan formula berikut ini :

$$LOA(koreksi) = \frac{LOA + LWL}{2}$$

- Jika B keseluruhan kapal dibagi dengan B waterline nilainya lebih besar dari 112 %, maka harus dikoreksi dengan formula berikut ini :

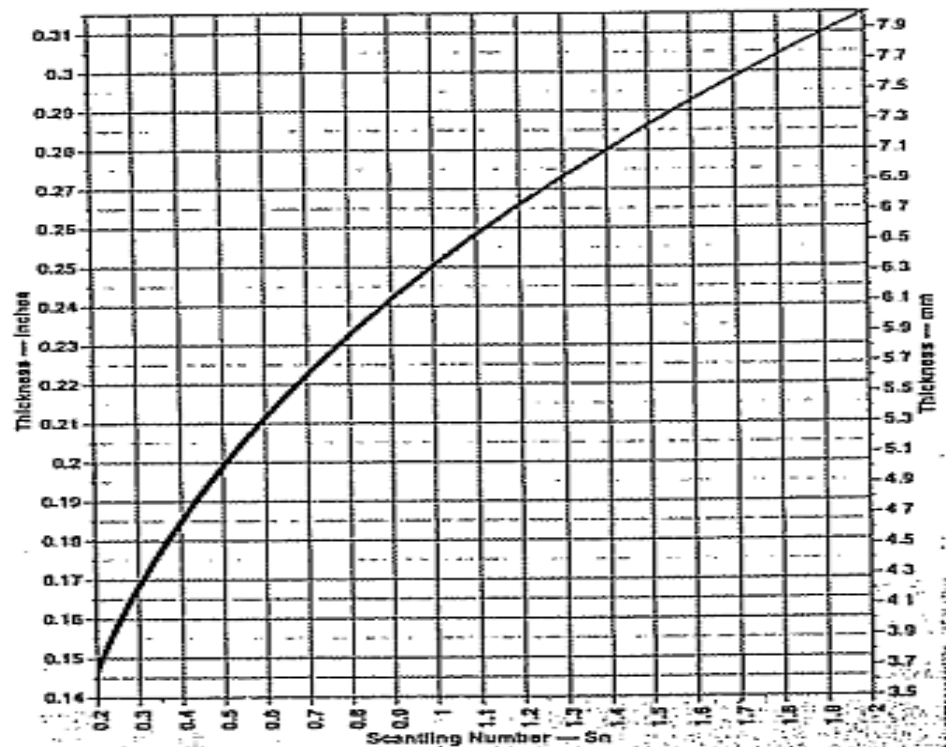
$$B(\text{koreksi}) = \frac{BoA + BWL}{2}$$

Setelah nilai Sn didapatkan dengan mempertimbangkan koreksi dimensi, maka kita bisa menentukan ketebalan dari kulit kapal secara mendasar.

Formulanya adalah :

$$\text{Shell Thickness (mm)} = 6.35 \times \sqrt[3]{Sn}$$

Atau dengan mengacu pada grafik berikut ini :



Grafik 2.2

Dengan mengetahuinya ketebalan kulit kapal sehingga kita bisa mengetahui dan mengestimasi penggunaan material FRP yang dibutuhkan untuk membuat suatu kapal dan tidak lupa memperhatikan persyaratan glass content dan densitasnya seperti dibawah ini :

Tabel 2. 3

<b>Fiberglass</b>	<b>Glass Content by weight</b>	<b>Density (lb./cu.ft. (kg.m<sup>3</sup>))</b>	<b>lb./sq.ft. (kg/m<sup>2</sup>), 1-in. (1 mm) thick</b>
Mat only	28%	85 (1,360)	7.08 (1.36)
Mat/Roving	35%	96 (1,538)	8.00 (1.53)
Roving only	38%	99 (1,585)	8.25 (1.58)

b. Metode *Vacuum Infusion*

Metode vacuum infusion berbeda dengan metode hand lay-up yang berdasarkan ketebalannya. Metode hand lay-up sangat banyak kekurangan disamping dikerjakan dengan tangan yang hasilnya belum tentu maksimal dan ketebalannya belum tentu sama dan merata.

Pada vacuum infusion, hal seperti itu tidak ditemui disini karena menggunakan pompa vacuum sehingga saat diinfus ketebalannya merata dan lebih padat dibandingkan *hand lay-up*.

*Vacuum infusion* menghitung berdasarkan glass content permeter persegi. Ini dikeluarkan oleh badan klasifikasi DNV (Det Norske Veritas). Sebagian besar badan klasifikasi belum memasukkan data ini selain DNV. Sehingga untuk data formulanya belum dapat dituliskan karena masih purchase. Akan tetapi rules ini sudah tertulis dengan jelas di badan klasifikasi dan telah banyak diterapkan pada galangan-galangan kapal boat di luar negeri seperti Eropa.

Dari dua data yang diperbandingkan antara metode hand lay-up dan vacuum infusion terlihat banyak perbedaan. Dari data diatas terlihat jelas bahwa vacuum infusion sangat unggul baik dari pemakaian material resin yang sangat hemat hingga kualitas laminasi yang lebih ringan dan kuat.

## **2.5 TATA LETAK PABRIK**

Tata letak pabrik merupakan landasan utama dalam dunia industri. Tata letak pabrik mencakup pengaturan fasilitas fisik suatu industri. Pengaturan tersebut dimulai dari pengaturan ruang yang dibutuhkan untuk aliran material, penyimpanan, peralatan operasional, kegiatan pegawai pabrik, maupun kegiatan pendukung.

Menurut James M. Apple, tata letak pabrik mempunyai definisi yaitu: “Penggambaran hasil rancangan susunan unsur fisik suatu kegiatan yang berhubungan erat dengan industri manufaktur”.

Secara garis besar tujuan utama dari tata letak pabrik adalah mengatur area kerja dan segala fasilitas produksi yang paling efisien untuk operasi produksi yang bisa menghasilkan output yang diinginkan. Perancangan tata letak pabrik mempunyai tujuan antara lain:

- a. Memudahkan proses manufaktur
- b. Meminimumkan perpindahan barang
- c. Menjaga keluwesan susunan dan operasi
- d. Meminimumkan biaya
- e. Menghemat pemakaian ruang dan bangunan
- f. Meningkatkan performa tenaga kerja
- g. Memberi kemudahan, keselamatan dan kenyamanan bagi pegawai dalam melakukan pekerjaannya.

Perancangan tata letak pabrik tidak hanya dilakukan untuk fasilitas baru. Seringkali permasalahan yang dihadapi melibatkan penataletakkan ulang dari suatu proses yang telah ada atau perubahan beberapa bagian dari susunan peralatan tertentu. Pada dasarnya ada tiga hal dasar yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik, yaitu :

1. Hubungan (*relationship*)

Berbagai jenis kegiatan, daerah fungsional, maupun koordinasi antar kelompok-kelompok operasional yang berhubungan digunakan untuk mendesain hubungan keterkaitan antar kegiatan.

2. Ruang (*space*)

Luas lantai atau ruang yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan ditentukan berdasarkan mesin dan peralatan yang digunakan, tempat kerja serta peralatan pemindah material.

3. Penyesuaian (*adjustment*)

Hubungan keterkaitan dan ruang yang telah ditentukan kemudian diteruskan menjadi sebuah rencana tata letak yang diinginkan sekaligus dilakukan penyesuaian penempatan unit kegiatan atas dasar pertimbangan tertentu serta ruang yang tersedia.

Agar dapat menghasilkan suatu rancangan tata letak pabrik yang baik maka kita perlu memperhatikan beberapa prinsip berikut ini:

- a. Integrasi : Integrasi dari seluruh faktor yang mempengaruhi tata letak
- b. Utilisasi : Utilisasi yang efektif dari mesin dan manusia serta ruang pabrik
- c. Ekspansi : Mudah untuk diekspansi
- d. Fleksibilitas : Mudah untuk disusun ulang
- e. Versatility : Siap untuk beradaptasi terhadap perubahan produk, desain, permintaan dan peningkatan proses.
- f. Keteraturan : Daerah yang teratur atau pembagian wilayah yang jelas terutama bila terpisahkan oleh dinding, lantai gang utama, dan lainnya.

- g. Kedekatan : jarak minimum bagi pergerakan material, fasilitas pendukung dan orang.
- h. Keberurutan : Urutan aliran kerja yang logis dan daerah kerja yang bersih dengan peralatan yang tepat untuk sampah dan limbah.
- i. Kenyamanan : Untuk semua pegawai dalam bekerja, baik sehari-hari maupun periodik.
- j. Kepuasan dan keselamatan semua pegawai.

Galangan termasuk kedalam sebuah industri yang menghasilkan sebuah produk yaitu kapal. Oleh karena itu teori tata letak ini dapat dijadikan sebuah landasan dalam memaksimalkan produktivitas galangan.

## **BAB III**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **3.1 PROFIL PERUSAHAAN**

PT SS Boatyard merupakan sebuah perusahaan galangan yang bergerak di bidang pembangunan kapal fiberglass. Perusahaan galangan ini memulai kegiatan pembangunannya pada tahun 1996, kemudian resmi menjadi PT. SS Boatyard pada tahun 2005. Perusahaan galangan ini juga dapat membangun kapal berbahan besi baja maupun aluminium, namun lebih berkonsentrasi pada kapal fiberglass dalam produksinya.

Dalam pangsa pasarnya, perusahaan ini menangani kebutuhan akan kapal fiberglass dalam pasar lokal atau dalam negeri. Pembeli dari kapal fiberglass produksi perusahaan ini tergolong beragam, seperti pihak swasta, kepemilikan pribadi, pemerintah maupun untuk kepentingan sosial. Perusahaan galangan ini memproduksi jenis kapal yang beragam pula, berdasarkan dari jenis lambung, perusahaan ini membangun mulai dari jenis monohull, catamaran, hingga trimaran yang kini sedang dikembangkan. Sedangkan berdasarkan jenis fungsinya, perusahaan ini membangun kapal pleasure boat, kapal puskesmas, speed boat, kapal patroli, kapal ambulans, dan kapal ikan.

#### **3.2 JENIS KAPAL PRODUKSI**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, PT. SS Boatyard ini berkonsentrasi pada pembuatan kapal fiber. Dalam produksinya, perusahaan ini menggunakan konsep “*job order*” sehingga kapal fiber yang dihasilkan disesuaikan dengan permintaan pasar serta kemampuan produksi dari perusahaan ini sendiri.

Berikut adalah jenis-jenis produk yang dibuat oleh PT. SS Boatyard :

Kapal ikan 30 GT



Gambar 3.1

Kapal patrol 8 meter



Gambar 3.2

Kapal Perhubungan (ferry)



Gambar 3.3

Kapal Ambulance



Gambar 3.4

Kapal Patrol Aluminium



Gambar 3.5

Kapal Puskesmas Terapung



Gambar 3.6

Speed Boat



Gambar 3.7

Kapal Pancing



Gambar 3.8



Pleasure Boat



Gambar 3. 9

RGB



Gambar 3. 10

Kapal pariwisata



Gambar 3. 11

### 3.3 KAPASITAS PRODUKSI

Dalam satu tahun ini, PT SS Boat telah menetapkan target produksi kapal fibernya. Namun kapal yang menjadi konsentrasi disini adalah produksi kapal ikan. Berikut ini data target produksinya:

Produk	Jumlah
Kapal Ikan 30 GT	20 buah

### 3.4 MATERIAL PRODUKSI

Karena Perusahaan ini memproduksi kapal fiber, maka material utama yang dipergunakan adalah FRP (Fiber Reinforced Plastic) atau yang biasa disebut serat fiber. Berikut ini daftar material beserta alat untuk proses produksinya.

Tabel 3.1

MATERIAL DAN ALAT	JUMLAH
<b>MATERIAL FRP</b>	
CSM 300 (30kg/roll) (4 roll)	120 kg
CSM 450 (30kg/roll) (18 roll)	540 kg
TBD 80	
WR 800 (40kg/roll) (20 roll)	800 kg
RESIN Yukalac 157 (225kg/drum) (18 drum)	4050 kg
Natural Gel Coat (225kg/drum) (1 drum)	225 kg
Cobalt N8%	5 kg
Catalyst Mepoxe (5kg/jirigen) (20 jirigen)	100 kg
Aerosil (10kg/bal)	20 kg
Talc Lioning/TL 25	15 zak
PV A	5 kg
Acetone	20 kg
Aditive w	20 kg
Thinner A	20 kg
Mirror Glaze Meguair	48 kg
Sterofoam 5cm	10 kbk
Polyurethane A	
Polyurethane B	
Styrene Monomer/SM01	20 kg
Pigment Superwhite (30kg/pail)	30 kg
Pigment Blue CW (30kg/pail)	30 kg
<b>MATERIAL BANTU</b>	
Kuas 2"	12 pc

Kuas 3"	48 pc
Kuas Roll	10 pc
Mata Kuas Roll	60 pc
Sabun	50 pc
Gayung	20 pc
Amplas	200 pc
majun (100kg/bal) (2 bal)	200 kg
Ember	10 pc

Data diatas merupakan material yang digunakan untuk memproduksi sebuah kapal ikan dengan spesifikasi:

Kapal Ikan 30 GT

LOA : 19 m

LEBAR : 4,6 m

TINGGI : 2 m

SARAT : 1,5 m

Gambar 3. 12



### 3.5 PROSES PRODUKSI

Proses produksi kapal-kapal PT SS BOAT menggunakan metode konvensional, yakni metode *hand lay-up*. Metode ini adalah metode untuk membuat kapal fiber dengan menggunakan cara manual dengan tangan dan kuas sebagai alat utamanya. Resin dituangkan di atas fiber glass, lalu diratakan ke semua sisinya dengan menggunakan kuas atau roller. Untuk urutan proses produksinya sendiri, dapat dilihat melalui flowchart di bawah ini.

SOP Produksi Kapal Ikan 30 GT

Gambar 3. 12



### 3.6 FASILITAS PRODUKSI

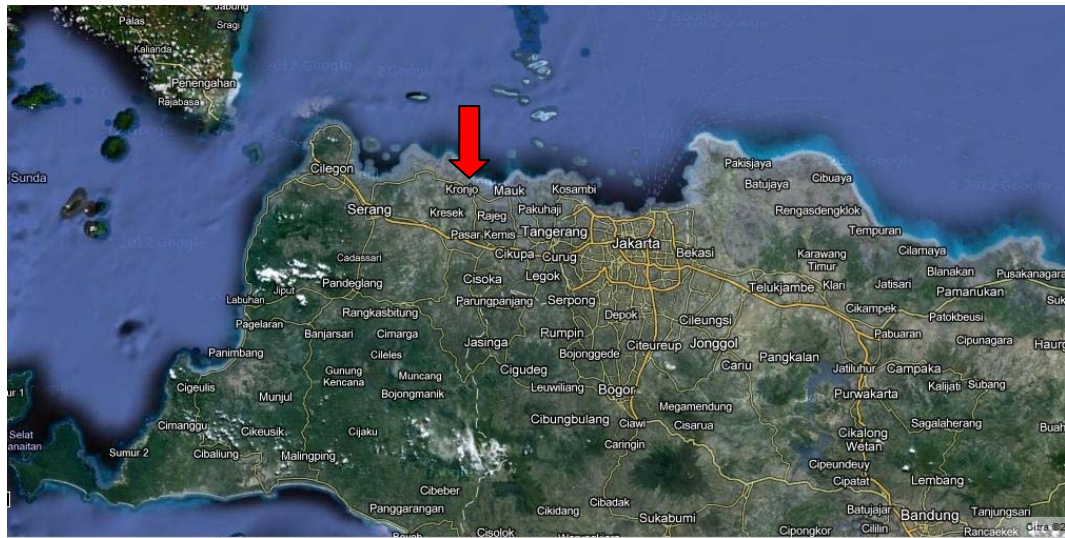
Tabel 3. 2

No	Jenis Perlengkapan/ Peralatan	Jumlah	Keterangan
1	Workshop Beratap 450 m <sup>2</sup> + Slipway	1	Tahun pembuatan 2000
2	Workshop Beratap 450 m <sup>2</sup> + Slipway	1	Tahun pembuatan 2004
3	Cetakan mini katamaran	1	panjang 6 m
4	Cetakan katamaran	1	panjang 11,5 m
5	Cetakan Long Boat 1 GT	1	6 m
6	Cetakan Long Boat 5 GT	2	9,5 m
7	Cetakan Long Boat 20 GT	1	15,5 m
8	Cetakan Long Boat 100 GT	1	25,5 m
9	Cetakan kapal patroli V17	1	5,3 m
10	Cetakan kapal patroli V18	1	5,5 m

11	Cetakan kapal patroli V21	2	6,5 m
12	Cetakan kapal patroli V24	1	8 m
13	Cetakan kapal patroli V45	1	6 m
14	Cetakan kapal sekoci	1	4 m
15	Cetakan rumpon	3	
16	Craddle Peluncuran	4	kapasitas 15 ton
17	Charger Accu	1	
18	Tracker	6	kapasitas 5 ton
19	Portal crane	2	kapasitas 10 ton
20	Portal crane	3	kapasitas 7 ton
21	Portal crane	2	kapasitas 5 ton
22	Portal crane	2	kapasitas 3 ton
23	P/U high pressure spray	1	20 kg/mt
24	P/U high pressure spray	3	12 kg/mt
25	Genset	1	70 kva
26	Genset	2	16 kva
27	Mesin Bubut	1	2 m
28	Mesin milling	1	
29	Gerinda duduk	1	10"
30	Gerinda tangan	10	
31	Bor Duduk	1	
32	Bor tangan	10	
33	Compressor	1	5 pk
34	Compressor	3	10 pk
35	Circle saw	2	
36	Tabung karbon	2	
37	Welding mesin biasa	3	2,5 kva
38	Welding mesin argon	3	1,5 kva
39	Topeng las	1	

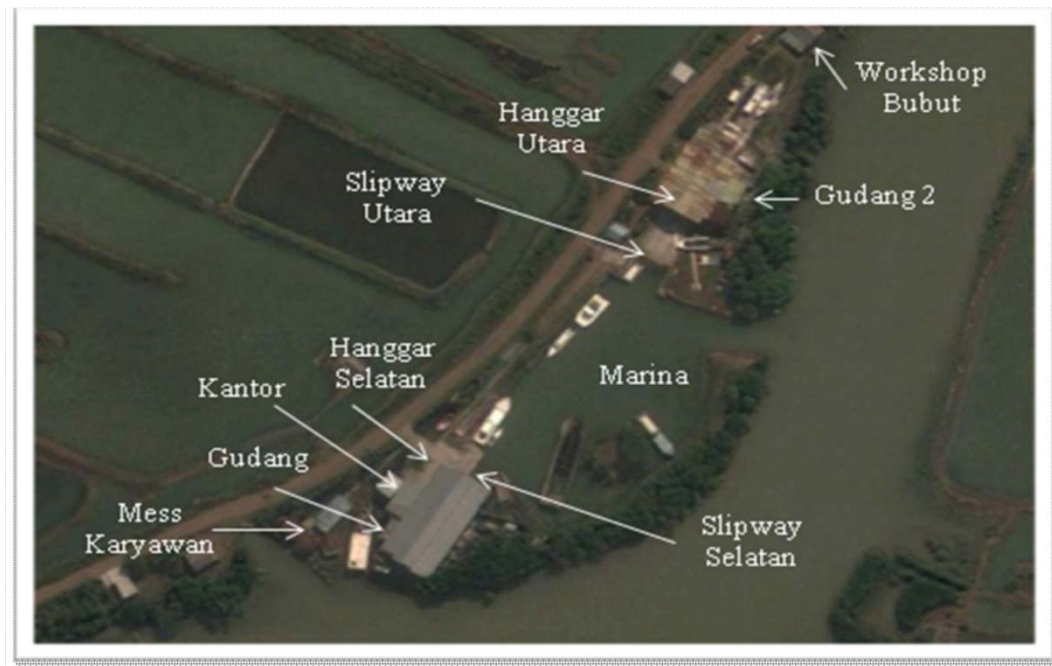
### 3.7 AREA PRODUKSI

Galangan PT SS BOAT beralamat di Jl. Raya Pulau Cangkir KM 2,5. Kronjo, Tangerang, Banten. Galangan ini memiliki dua area kerja utama, yakni hangar utara dan hangar selatan. Bagian tengah dari dua area ini dihubungkan oleh sebuah marina yang juga berfungsi untuk kapal bersandar. Berikut ini adalah peta lokasi dimana galangan tersebut berada.



Gambar 3. 13

*Sumber : Google Maps*



Gambar 3. 14

*Layout Galangan*

## General Spesifikasi Galangan:

Luas Area	: 11.000 m <sup>2</sup>
Luas Area Kerja	: 5850 m <sup>2</sup>
Luas Marina	: 5250 m <sup>2</sup>

## Fasilitas Galangan:

- Dua hangar
- Dua slipway
- Dua gudang
- Kantor
- Workshop jok
- Workshop kayu
- Workshop bubut dan las
- Mess karyawan

Beberapa foto aktual dari galangan :

Workshop bubut dan las



Gambar 3. 15

Hangar



Gambar 3. 16

Slipway 1



Gambar 3. 17

Slipway 2



Gambar 3. 18

Daerah aliran sungai



Gambar 3. 19

Jalan penghubung kedua hangar



Gambar 3. 20

**Universitas Indonesia**



## **BAB IV**

### **PENGOLAHAN DATA dan ANALISIS**

#### **4.1 GAMBARAN UMUM EXISTING AREA DAN PROSES PRODUKSI**

Bagian ini akan membahas mengenai seluruh gambaran umum proses produksi dari kapal ikan 30 GT ini. Gambaran umum ini meliputi rangkaian alur proses produksi bagian utama dari kapal yakni lambung serta pembahasan layout area produksi yang digunakan.

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, metode yang digunakan untuk memproduksi kapal ikan ini adalah metode konvensional yakni *hand-lay up*. Alur produksinya sendiri mencakup persiapan bahan, pembentukan mold atau cetakan kemudian dilanjutkan dengan mencetak lambung kapal itu sendiri. Perlu diketahui bahwa mold yang dibuat disini adalah mold permanen. Tujuan dibuatnya mold permanen ini adalah untuk digunakan beberapa kali. Mold permanen ini dapat digunakan kembali untuk mencetak lambung lainnya, karena target produksinya adalah 20 kapal.

Langkah pertama dalam proses produksinya adalah persiapan bahan. Dalam proses produksi perusahaan ini, penanganan bahan masih tergolong kurang terorganisir. Aliran material sudah ada, yakni dari gudang penyimpanan kemudian dipindahkan menuju area produksi/ hangar namun penanganan untuk proses selanjutnya masih kurang baik. Material utama yakni resin yang berlebih atau tidak terpakai setelah proses pembuatan mold dan lambung tidak disimpan kembali dengan baik.

Langkah kedua adalah pembuatan mold. Mold ini memiliki bahan dasar yang sama dengan bahan yang dipergunakan untuk pencetakan lambung, namun untuk faktor ketebalan dan kekuatan disesuaikan. Seperti yang telah dibahas, mold ini bersifat permanen atau dapat digunakan berulang kali sesuai dengan kebutuhan.

Langkah ketiga adalah proses pencetakan lambung. Dalam proses ini, tahap persiapan bahan kembali menjadi tahap yang pertama. Telah disebutkan sebelumnya bahwa metode yang digunakan adalah metode *hand lay-up*.

Galangan perusahaan ini memiliki area yang terdiri dari tanah (daratan) dan marina (perairan). Galangannya sendiri terletak di daerah aliran sungai, sehingga menjadi sebuah nilai tambah untuk proses peluncuran karena tidak terkendala dengan gelombang layaknya di daerah lautan. Perlu diketahui luas area galangan secara keseluruhan adalah 11.000 m<sup>2</sup>, dengan pembagian luas tanah sebesar 5850 m<sup>2</sup> dan luas marina sebesar 5250 m<sup>2</sup>. Semua proses produksi dilakukan di dalam ruang lingkup area produksi, dalam pembahasan ini akan disebut area hangar. Perusahaan ini memiliki 2 (dua) buah hangar untuk proses produksinya. Pada setiap hangarnya terdapat masing-masing satu slipway yaitu tempat peluncuran kapal yang sudah selesai diproduksi.

Hangar pada galangan ini adalah tempat dimana proses pencetakan lambung dilakukan. Oleh karena itu hangar ini merupakan area produksi yang menjadi konsentrasi dari proses optimasi tata letak dalam bahasan ini.

#### **4.2 ANALISIS PROSES PRODUKSI**

Proses produksi yang menjadi fokus disini adalah proses produksi dari lambung kapal. Bagian lambung kapal dijadikan fokus karena bagian ini merupakan bagian utama dari sebuah bangunan kapal. Selain itu bagian ini memiliki ukuran yang paling besar diantara bagian lainnya yang menggunakan bahan dasar FRP, sehingga perlu perhatian khusus dalam proses produksinya mengingat penggunaan material terbanyak ada di dalam proses produksi lambung ini. Berikut ini adalah dimensi dari lambung kapal ikan 30 GT :

- Panjang (LOA) : 18 m
- Lebar (B) : 4,2 m
- Tinggi (H) : 2,02 m
- Material : 4050 kg Resin

Proses produksi lambung ini menggunakan tenaga kerja sebanyak 7 (tujuh) orang dan diselesaikan dalam waktu 1-2 minggu. Lama waktu produksi ini adalah waktu ideal, dalam artian faktor luar seperti cuaca diabaikan. Telah disebutkan bahwa proses pembuatan lambung kapal FRP ini menggunakan metode *hand lay-up*. Metode ini menggunakan mold sebagai cetakan dasar, kemudian fiberglass akan diletakkan di atasnya dilanjutkan dengan penuangan resin di atasnya. Proses produksi merupakan salah satu pertimbangan dalam menentukan tata letak area produksi, sehingga perlu diperhatikan hal-hal yang dapat mempengaruhi kebutuhan ruang untuk area produksi. Dalam proses produksi lambung kapal, mold atau cetakan lambung adalah alat yang paling membutuhkan ruang di dalam area produksi. Alat lainnya beserta material produksi tidak terlalu membutuhkan ruang yang besar di area produksi. Berikut ini adalah estimasi kebutuhan ruang untuk alat dan material produksi :

- Mold (cetakan)

Panjang = 19,6 m

Lebar = 4,6 m

$19,6 \text{ m} \times 4,6 \text{ m} = 90,16 \text{ m}^2$



Gambar 4. 1

- Resin

Diameter drum = 610 mm

Luas area yang dibutuhkan =  $\pi r^2 = 0,28 \text{ m}^2$

- Fiberglass

Dalam bentuk gulungan dengan diameter 300 mm

Luas area yang dibutuhkan =  $\pi r^2 = 0,07 \text{ m}^2$

Dari estimasi perhitungan diatas dapat terlihat mold merupakan alat yang membutuhkan luas area yang terbesar.

Proses produksi lambung ini menggunakan resin sebanyak 18 drum dengan berat per drumnya sebesar 225 kg, sehingga berat total resin adalah 4050 kg.

Fiberglass yang digunakan adalah tipe CSM sebanyak 22 roll dan tipe WR sebanyak 20 roll. Mesin yang digunakan dalam proses hand lay-up ini adalah spray gun, digunakan untuk menembakkan resin ke permukaan fiberglass.

Mesin ini terletak di dalam gudang penyimpanan, sehingga tidak menggunakan ruang atau space pada area produksi yang tersedia. Metode vacuum infusion dapat dijadikan sebagai substitusi metode yang ada saat ini. Telah disebutkan beberapa keuntungan metode vacuum infusion, dan faktor penggunaan resin yang lebih minimum menjadi pertimbangan untuk metode ini.

Berikut ini adalah beberapa alat yang umum digunakan pada metode vacuum infusion :

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| a. Resin Bucket      | i. Flow Regulator   |
| b. Resin Line Holder | j. Spring Clamp     |
| c. Vacuum Tubing     | k. T-Fittings       |
| d. Zip Strips        | l. Spriral Tubbing  |
| e. Filter Jacket     | m. Lantor Soric     |
| f. Peel ply          | n. Vacuum Pump      |
| g. DIVINYMAT         | o. Bagging material |
| h. Nylon Matting     |                     |

Kedua metode ini, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan yang berpengaruh pada area produksi. Berikut ini adalah perbandingannya :

### ***Hand Lay-Up***

#### **Kelebihan**

Membutuhkan luas area yang lebih kecil, karena pekerja berada di dalam mold sehingga tidak membutuhkan ruang di sekitar mold.

#### **Kekurangan**

Banyak material yang diletakkan di sekitar mold, sehingga menjadikan area produksi kurang steril dan memungkinkan terjadinya faktor human error seperti misalnya resin yang tumpah.

### *Vacuum Infusion*

#### **Kelebihan**

Metode ini membuat area produksi lebih steril dan terkontrol. Sistem transfer resin tertutup yakni melalui resin feed lines. Dengan material transfer yang terkontrol, akan meminimalkan kesalahan yang berasal dari faktor human error.

#### **Kekurangan**

Membutuhkan area yang lebih luas dan steril pada area produksi, mengingat akan banyaknya selang-selang yang terhubung pada vacuum pump. Area untuk resin feed lines ini tidak dapat dilewati untuk aktivitas transportasi, untuk menghindari terganggunya proses resin transfer.



Gambar 4. 2

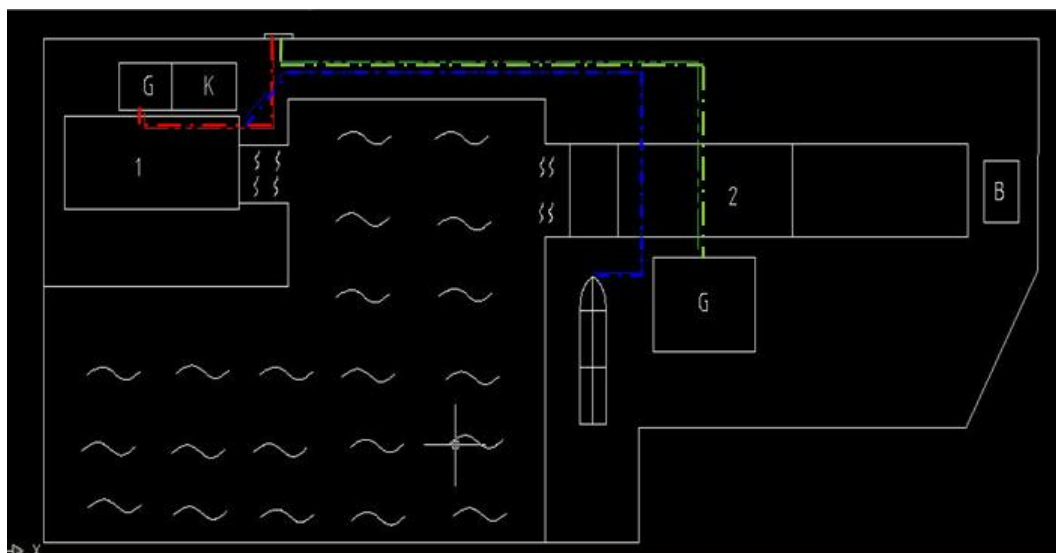
*Ilustrasi proses vacuum infusion.*

### 4.3 ANALISIS ALIRAN MATERIAL dan ALUR PRODUKSI

Material utama yang digunakan pada proses produksi di galangan ini adalah resin dan fiberglass. Meninjau dari segi besarnya ukuran material, resin dan fiberglass tidak berukuran besar. Resin dikemas dalam bentuk drum-drum sedangkan fiberglass berbentuk lembaran. Hal ini merupakan salah satu keuntungan dalam dunia industri jika melihat dari segi transportasi material karena untuk memindahkannya tidak membutuhkan mesin-mesin besar sebagai alat angkut. Transportasi material ini akan berpengaruh pada kebutuhan ruang atau space pada area produksi/hangar.

Berikut ini adalah analisis aliran material untuk existing area.

Gambar 4.3



Garis merah menunjukkan alur transportasi material dari pintu masuk galangan menuju gudang tempat penyimpanan material hangar satu. Garis hijau adalah alur distribusi material menuju gudang material untuk hangar dua. Garis biru adalah alur perpindahan mold untuk proses produksi. Dari layout hangar satu, dapat dianalisis beberapa hal yang masih belum optimal. Pertama, penempatan posisi gudang penyimpanan material tidak strategis.

Gudang material terletak cukup jauh dari pintu masuk galangan, dan membuat jarak perpindahan material dari pintu masuk cukup jauh. Kedua, jalur perpindahan menuju gudang material melewati area produksi. Area produksi

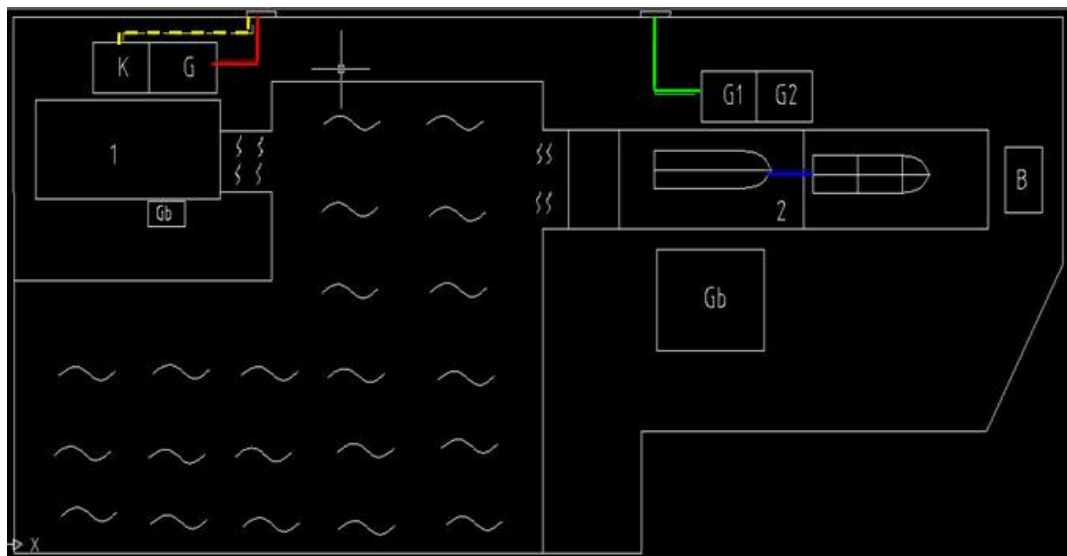
sebisa mungkin tidak dilewati oleh proses perpindahan material dari pintu masuk, karena terkadang banyak material yang diletakkan sementara pada area tersebut.

Ketika proses produksi sudah dimulai, ada kemungkinan untuk pengiriman material lain yang akan masuk. Apabila terjadi, maka akan mengganggu proses produksi dan kemungkinan yang kedua dapat menimbulkan penumpukan material pada pintu masuk. Ketiga, alur perpindahan material dari gudang menuju area produksi masih acak atau belum terstruktur. Keempat, jalur menuju kantor masih melewati area produksi.

Identifikasi proses produksi pada existing layout galangan perlu dilakukan untuk mengetahui beberapa hal yang dapat dioptimalkan untuk mencapai efisiensi. Dua hangar pada galangan ini digunakan untuk proses produksi dua buah kapal, masing-masing hangar satu. Namun alat produksi yakni mold yang tersedia hanyalah satu buah, sehingga perpindahan mold terjadi mulai dari hangar satu ke hangar lainnya. Gudang material disini juga belum terdiferensiasi dengan baik. Gudang yang digunakan masih bercampur dengan alat-alat produksi maupun part kapal lainnya seperti part untuk interior kapal. Penempatan dan penanganan material belum terarah dengan baik, sehingga material sisa maupun alat produksi yang tidak terpakai bertebaran di sekeliling area produksi. Hal ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan pekerja maupun kerusakan material dan juga berpotensi untuk menyebabkan kecelakaan kerja. Proses produksi part lain juga belum memiliki area yang tetap dan bercampur dengan area produksi lambung, hal ini dapat menimbulkan ketidakteraturan dan membuat ruang produksi semakin kecil. Hal ini tentunya membatasi pergerakan selama proses produksi sedang berlangsung.

#### 4.3.1 Analisis Alternatif Tata Letak Area Produksi

Gambar 4.4



Ket :

G = gudang material

Gb = gudang untuk material sisa dan peralatan bekas

K = kantor

G1 = gudang material untuk hangar dua

G2 = gudang peralatan interior kapal

B = bengkel las bubut

Area 1 = area produksi part lain dari kapal

Area 2 = area produksi lambung, *assembling*, *finishing*.

Pada alternatif area, gudang penyimpanan dibedakan untuk segi fungsionalnya. Gudang dibagi menjadi beberapa jenis, yakni gudang penyimpanan khusus untuk material, lalu khusus untuk material sisa dan peralatan bekas, juga untuk penyimpanan peralatan interior kapal yang digunakan pada proses *assembling*. Hangar satu khusus digunakan untuk proses produksi bagian lain dari kapal, seperti deck, kabin, hatch cover dan lainnya. Hangar dua khusus digunakan untuk proses produksi lambung, proses *assembling*, dan proses *finishing*.

Alternatif area hangar satu dapat dilihat seperti gambar diatas. Pertama, letak posisi office dan hangar ditukar. Posisi gudang dibuat lebih dekat dengan



pintu masuk galangan agar memudahkan perpindahan material ke dalam gudang. Dengan pertukaran ini membuat jarak semakin kecil, meminimalisasi waktu yang digunakan untuk menyimpan material. Jalur menuju office dirubah menjadi tidak melalui area produksi, terlihat pada gambar (garis kuning). Penambahan gudang juga dapat dijadikan pertimbangan. Penambahan gudang ini dapat digunakan untuk mempermudah akses dalam mendistribusikan material.

Dengan keberadaan gudang yang terletak di kedua sisi area produksi, diharapkan dapat mengurangi kecenderungan untuk meletakkan material di area produksi paska pemakaian. Alternatif untuk hangar dua dapat dilihat pada gambar diatas. Pada hangar dua, pintu masuk yang ada saat sangat jauh maka akan lebih efisien jika membuat pintu masuk baru yang lebih dekat dengan area hangar dua. Gudang material juga perlu ditambah agar jarak tempuh untuk penyimpanan material semakin dekat. Dapat dilihat garis hijau yang merupakan jalur penyimpanan material menuju gudang tambahan yang baru. Garis merah merupakan alur distribusi material menuju area produksi, karena sudah terdapat dua gudang material, maka tidak perlu adanya rangkaian pergerakan bolak-balik dalam proses pendistribusian material. Garis biru merupakan jarak perpindahan mold yang baru, karena produksi lambung dilakukan khusus pada hangar dua, sehingga mold tidak perlu dipindahkan menuju hangar satu. Hal ini tentunya akan memperpendek jarak untuk proses produksi lambung. Berikut ini perbandingan jarak alternatif area dengan existing area :

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Existing</b></li> <li>● Jarak penerimaan barang (garis merah) : 34.58 m</li> <li>● Jarak perpindahan mold : 78.42 m</li> <li>● Jarak penerimaan material hangar 2 : 97.65 m</li> <li>● <b>Alternatif</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Jarak penerimaan barang (garis merah) : 10.7 m</li> <li>● Jarak perpindahan mold : 5.56 m</li> <li>● Jarak penerimaan material hangar 2 : 14.8 m</li> </ul> |
|---|--|

Perbandingan jarak hampir mempengaruhi semua aspek dalam produksi. Semakin besar jarak tempuh maka akan semakin banyak waktu yang dibutuhkan, baik itu waktu perpindahan material maupun waktu yang dipergunakan pekerja - untuk melakukan aktivitasnya. Galangan ini menggunakan sistem manhour, yang merupakan cost yang harus dikeluarkan oleh perusahaan bersangkutan.

Maka untuk memaksimalkan manhour yang digunakan, pendekatan dari faktor jarak tempuh dapat dilakukan. Yakni dengan memastikan jarak dari perpindahan material dan pergerakan pekerja seminimal mungkin. Dari analisis yang sudah ada, dapat di estimasi coverage area dari existing layout dan alternatif layout.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

- Telah dibuat layout tata letak area existing dan alternatif sebagai perbandingan.
- Telah dilakukan diferensiasi gudang material yang sesuai dengan area produksi.
- Telah dilakukan diferensiasi area untuk proses produksi.
- Jarak tempuh untuk melakukan proses produksi pada alternatif area lebih kecil daripada existing area yang berpengaruh pada efisiensi waktu.

#### **5.2 SARAN**

- Untuk menerapkan sistem optimasi seperti ini, diperlukan pengawasan yang konsisten untuk mencapai hasil maksimal.
- Untuk studi lebih lanjut, dapat memperhatikan faktor lain seperti manajemen ekonomi atau *human behaviour* untuk para pekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping (ABS). (1991). *Guide for Building and Classing High-Speed Craft*. Paramus NJ : ABS.
- Apple, J.M. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Bandung: ITB Bandung, 1990.
- Det Norske Veritas. (2011). *Rules for Classification of High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft*.Bærum. Det Norske Veritas.
- Det Norske Veritas. (2010). *Standard for Certification of Craft*.Bærum.Det Norske Veritas.
- Eric Greene Associates, Inc. (1999). *Marine Composite*.EGA.
- Geer, Dave. (2000). *The Element of Boat Strength for Builders, Designers, and Owners*.McGraw-Hill.
- Lloyds Register of Shipping.(1983). *Rules and Regulations for the Classification of Yachts and Small Craft*.London : Lloyds Register of Shipping.
- Santoso, Abdul Wahid Al Adami Santoso. (2010). *Project Overview 20 m Fiber Composite Vessel Shipyard*. Jakarta.
- Windyandari, Aulia. (2008). *Prospek Industri Galangan Kapal Dalam Negeri Guna Menghadapi Persaingan Global*. Jurnal UI.