



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN GALANGAN KAPAL BOAT SISTEM
VACUUM INFUSION**

SKRIPSI

Gerry Liston Putra

0806338260

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN GALANGAN KAPAL BOAT SISTEM
VACUUM INFUSION**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Gerry Liston Putra

0806338260

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
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 : Gerry Liston Putra

NPM : 0806338260

Tanda Tangan :



Tanggal : 10 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Gerry Liston Putra
NPM : 0806338260
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Perancangan Galangan Kapal Boat Sistem *Vacuum Infusion*

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. Hadi Tresno Wibowo, M.T

()

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

()

Penguji : Ir. Mukti Wibowo

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 2 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, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr.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) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (3) Kakak Abdul Wahid Al-Adami Santoso serta pihak PT. SS Boat yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan; dan
- (4) sahabat-sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Depok, Juli 2012


Gerry Liston Putra

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

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

Nama : Gerry Liston Putra
NPM : 0806338260
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : 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 :

**PERANCANGAN GALANGAN KAPAL BOAT SISTEM VACUUM
INFUSION**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : 2 Juli 2012

Yang menyatakan



(Gerry Liston Putra)

ABSTRAK

Nama : Gerry Liston Putra
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Perancangan Galangan Kapal Boat Sistem *Vacuum Infusion*

Industri galangan kapal *boat* di Indonesia saat ini sudah cukup berkembang namun tingkat produktivitasnya masih rendah dan tidak efisien. Banyak terdapat galangan kapal *boat* yang belum memiliki tata letak yang cukup baik dan masih menggunakan metode konvensional. Dengan perancangan layout galangan yang baik dan optimal menggunakan metode *vacuum infusion*, galangan kapal boat dapat mencapai produktivitas maksimal. Perancangan ini didasarkan pada studi pustaka, wawancara, peninjauan lapangan. Proses perancangan terdiri dari desain layout galangan kapal *boat* dengan menggunakan program *sketchup* berdasarkan data-data yang didapat dilapangan.

Kata kunci:

Produktivitas, Perancangan Layout, Galangan Kapal Boat

ABSTRACT

Name : Gerry Liston Putra
Major : Naval Architecture
Title : Vacuum Infusion Boatyard Arrangement

Boatyards industry in Indonesia is developing but the level of productivity is still low and inefficient. There are many boatyards that do not have good layout and still using conventional methods. With good and optimal layout using vacuum infusion method, the boatyards can achieve maximum productivity. The arrangement is based on literature study, interviews, review of the fields. The arrangement process consists of layout design of boatyard using sketchup program and data obtained from the field.

Keywords:
Productivity, Layout Arrangement, Boatyard



DAFTAR ISI

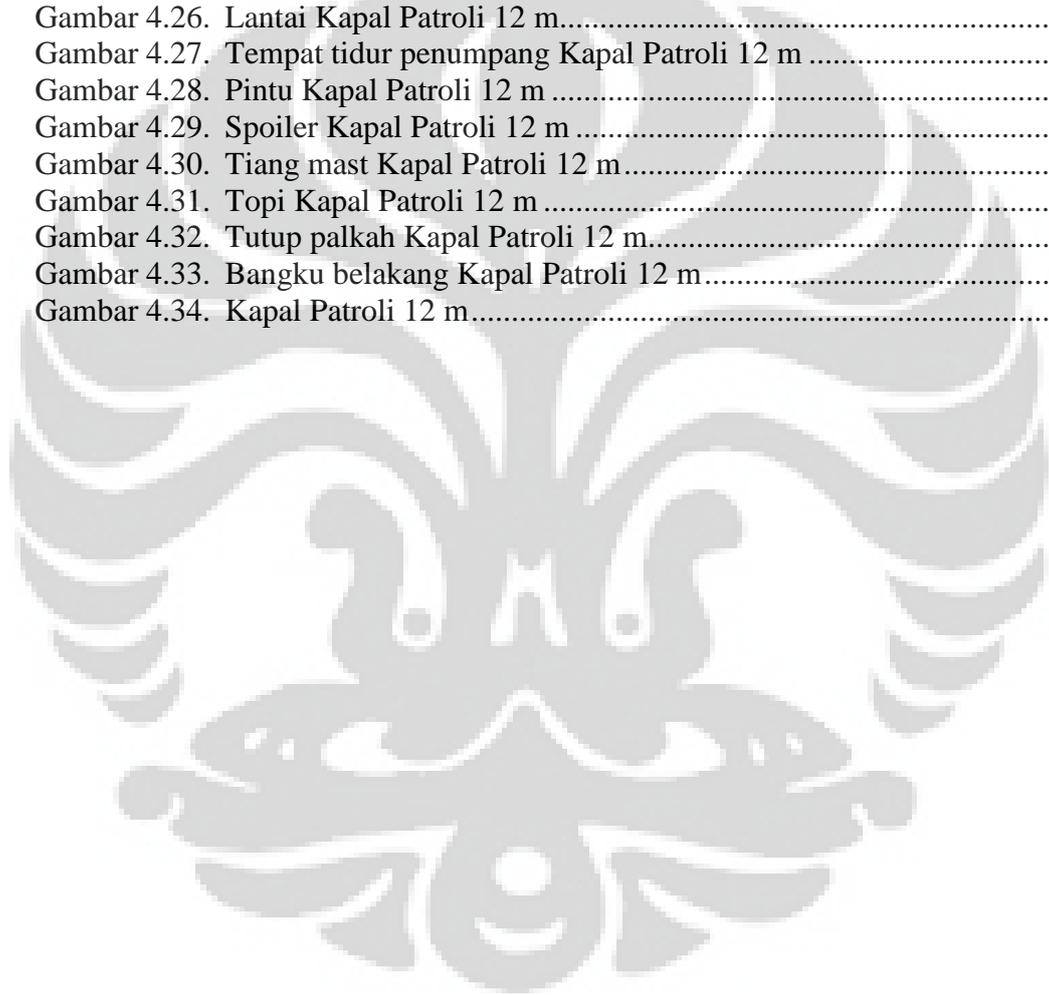
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
2. LANDASAN TEORI	6
2.1 Alur Proses Produksi	6
2.1.1 Pembuatan Plug	6
2.1.2 Pembentukan Mold	7
2.1.3 Pembentukan Badan Kapal	8
2.1.4 Proses Laminasi	9
2.1.5 Release	10
2.1.6 Assembling	10
2.1.7 Outfitting dan Instalasi	10
2.1.8 Finishing	11
2.2 Material	12
2.2.1 Reinforcement	12
2.2.2 Resin	15
2.2.3 Katalis dan Hardener	18
2.2.4 Gelcoat	18
2.3 Metode Laminasi	19
2.3.1 Metode Hand Lay-Up	19
2.3.2 Metode Chopper Gun	21
2.3.3 Metode Vacuum Infusion	22
2.4 Teknologi Vacuum Infusion	23
2.4.1 Rumus Penggunaan Resin	23
2.4.1.1 Metode Hand Lay-Up	23
2.4.1.2 Metode Vacuum Infusion	24
2.4.2 Scantling Rules	24

2.4.2.1	Metode Hand Lay-Up	24
2.4.2.2	Metode Vacuum Infusion	26
3.	PENENTUAN FASILITAS GALANGAN	29
3.1	Fasilitas Galangan	29
3.1.1	Alat Produksi	29
3.2	Workshop	37
3.2.1	Tempat Memproduksi Plug dan Mold	37
3.2.2	Tempat Kegiatan Laminasi	37
3.2.3	Tempat Kegiatan Finishing	38
3.3	Gudang	38
3.3.1	Gudang Penyimpanan Fiberglass	38
3.3.2	Gudang Penyimpanan Resin.....	39
3.3.3	Gudang Penyimpanan Gelcoat dan Hardener / Katalis	39
3.3.4	Gudang Penyimpanan Cat dan Peralatan Produksi	40
3.3.5	Gudang Penyimpanan Mesin	41
3.3.6	Gudang Penyimpanan Peralatan dan Perlengkapan Kapal	41
3.3.7	Gudang Penyimpanan Kayu	41
3.3.8	Gudang Penyimpanan Mold	41
3.4	Office dan Ruangan Pendukung Lainnya.....	41
3.4.1	Office	42
3.4.2	Mess Pekerja	42
3.4.3	Klinik	43
3.4.4	Genset Room	43
3.4.5	Musholla	43
3.4.6	Kantin	44
3.4.7	WC / Kamar Mandi	44
3.4.8	Security Post	44
3.4.9	Tempat Penampungan Sampah Sementara	44
3.4.10	Area Parkir	44
3.5	Lahan Peluncuran	44
4.	PERANCANGAN GALANGAN	46
4.1	Workshop	46
4.2	Gudang	46
4.3	Office	48
4.4	Mess Pekerja	48
4.5	Klinik	49
4.6	Musholla	50
4.7	Kantin	51
4.8	Desain Layout Galangan	52
4.9	Simulasi Proses Produksi Galangan	55
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	72
	DAFTAR REFERENSI	73

DAFTAR GAMBAR

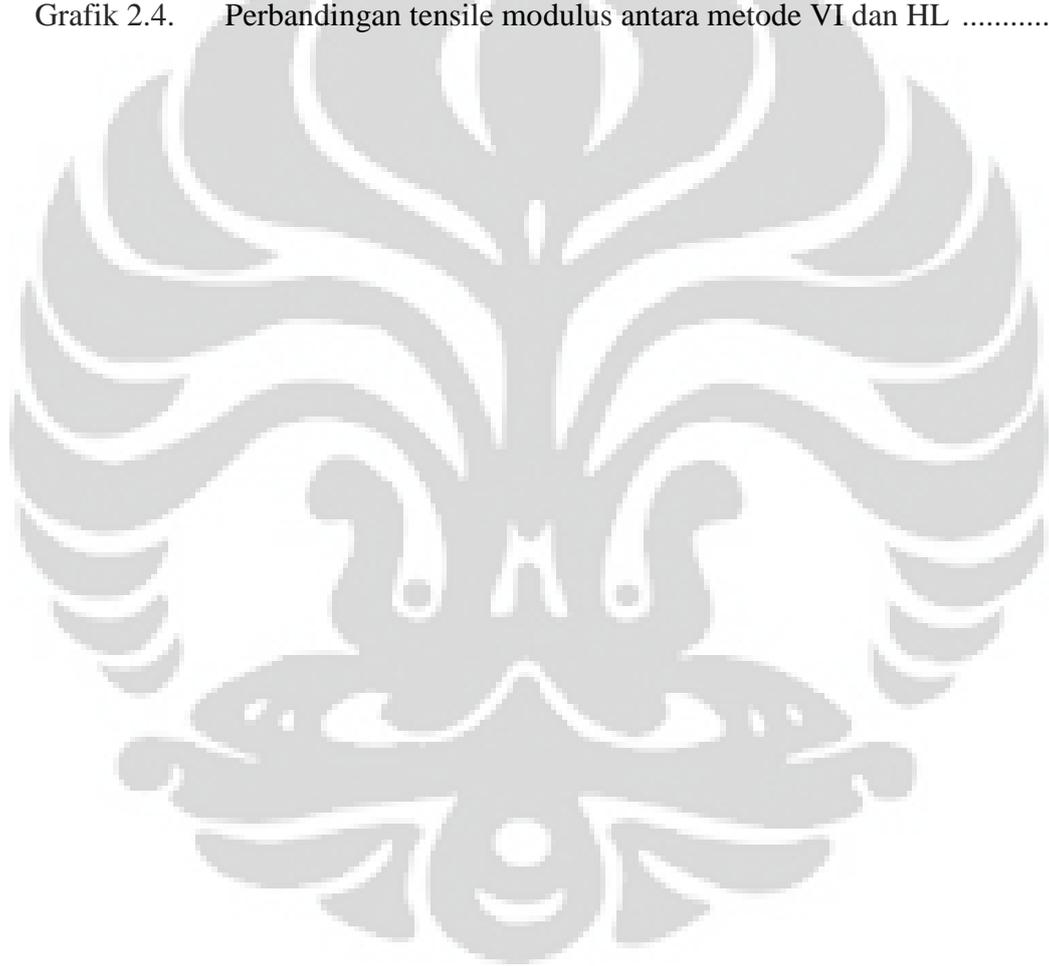
Gambar 2.1.	Pembuatan plug	7
Gambar 2.2.	Pembentukan mold	8
Gambar 2.3.	Mirror glaze	8
Gambar 2.4.	Proses pelapisan gel coat	9
Gambar 2.5.	Proses release cetakan dari mold	10
Gambar 2.6.	Proses assembling	10
Gambar 2.7.	Material pembentuk FRP	12
Gambar 2.8.	Struktur Chooped Strand Mat (CSM)	13
Gambar 2.9.	Struktur Woven roving	14
Gambar 2.10.	Struktur Multi axial	14
Gambar 2.11.	Metode hand lay-up	21
Gambar 2.12.	Material vacuum infusion	23
Gambar 3.1.	Compressor 8 HP	29
Gambar 3.2.	Resin infusion pump	30
Gambar 3.3.	Electric welding machine	30
Gambar 3.4.	Rotary hammer	31
Gambar 3.5.	Electric grinder	31
Gambar 3.6.	Planner	31
Gambar 3.7.	Jigsaw	32
Gambar 3.8.	Sanding machine	32
Gambar 3.9.	Mesin bubut	32
Gambar 3.10.	Trailer	33
Gambar 3.11.	Portal crane	33
Gambar 3.12.	Generator set	34
Gambar 3.13.	Kabel rol	34
Gambar 3.14.	Klem stainless	34
Gambar 3.15.	Gallon Pail	35
Gambar 3.16.	Fire extinguisher	35
Gambar 3.17.	Kendaraan operasional	36
Gambar 4.1.	Rancangan workshop dari sisi kanan	46
Gambar 4.2.	Rancangan workshop dari sisi kiri	46
Gambar 4.3.	Rancangan gudang penyimpanan	47
Gambar 4.4.	Rancangan gudang mold	47
Gambar 4.5.	Rancangan kantor tampak atas	48
Gambar 4.6.	Rancangan kantor 3D	48
Gambar 4.7.	Rancangan mess pekerja tampak atas	49
Gambar 4.8.	Rancangan mess pekerja 3D	49
Gambar 4.9.	Rancangan klinik tampak atas	50
Gambar 4.10.	Rancangan klinik 3D	50
Gambar 4.11.	Rancangan musholla tampak atas	51
Gambar 4.12.	Rancangan musholla 3D	51
Gambar 4.13.	Rancangan kantin tampak atas	52

Gambar 4.14. Rancangan kantin 3D	52
Gambar 4.15. Rancangan layout galangan.....	54
Gambar 4.16. Rancangan simulasi alur produksi.....	56
Gambar 4.17. Konstruksi lambung Kapal Patroli 12 m	58
Gambar 4.18. General Arrangement Kapal Patroli 12 m.....	58
Gambar 4.19. Konstruksi kabin Kapal Patroli 12 m	59
Gambar 4.20. Dinding dalam kiri Kapal Patroli 12 m	60
Gambar 4.21. Dinding dalam kanan Kapal Patroli 12 m	60
Gambar 4.22. Dashboard Kapal Patroli 12 m	61
Gambar 4.23. Plafon Kapal Patroli 12 m	61
Gambar 4.24. Toilet Kapal Patroli 12 m	62
Gambar 4.25. Kursi penumpang Kapal Patroli 12 m	62
Gambar 4.26. Lantai Kapal Patroli 12 m.....	63
Gambar 4.27. Tempat tidur penumpang Kapal Patroli 12 m	63
Gambar 4.28. Pintu Kapal Patroli 12 m	64
Gambar 4.29. Spoiler Kapal Patroli 12 m	65
Gambar 4.30. Tiang mast Kapal Patroli 12 m.....	65
Gambar 4.31. Topi Kapal Patroli 12 m	66
Gambar 4.32. Tutup palkah Kapal Patroli 12 m.....	66
Gambar 4.33. Bangku belakang Kapal Patroli 12 m.....	67
Gambar 4.34. Kapal Patroli 12 m.....	68



DAFTAR GRAFIK

Grafik 1.1.	Perkembangan industri boat dunia	1
Grafik 1.2.	Jumlah perusahaan penangkap ikan	2
Grafik 1.3.	Jumlah produksi perikanan laut.....	2
Grafik 1.4.	Jumlah wilayah kerja offshore.....	3
Grafik 2.1.	Penggunaan jenis resin pada industri marine	18
Grafik 2.2.	Scantling number vs Thickness	26
Grafik 2.3.	Perbandingan tensile strength antara metode VI dan HL	27
Grafik 2.4.	Perbandingan tensile modulus antara metode VI dan HL	28



DAFTAR TABEL

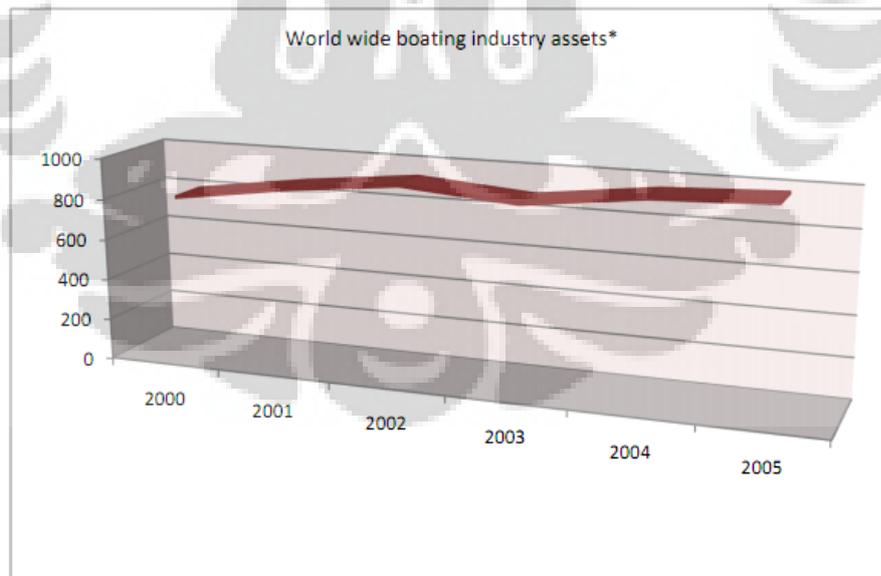
Tabel 2.4.	Kombinasi curing aditif.....	16
Tabel 2.5.	Data perbandingan berbagai sistem resin termoset	17
Tabel 2.6.	Glass content tiap jenis serat	26
Tabel 3.1.	Daftar peralatan produksi	36
Tabel 3.2.	Dimensi dan harga material fiberglass	38
Tabel 3.3.	Dimensi dan harga material resin	39
Tabel 3.4.	Harga material gelcoat dan katalis	40
Tabel 3.5.	Harga material consumable bagging dan painting	40
Tabel 3.6.	Fasilitas kantor	42
Tabel 3.7.	Fasilitas mess pekerja	43
Tabel 3.8.	Fasilitas musholla	43
Tabel 4.1.	Waktu pembuatan plug	57
Tabel 4.2.	Waktu pembentukan mold	57
Tabel 4.3.	Waktu laminasi lambung	57
Tabel 4.4.	Waktu laminasi deck-lambung	59
Tabel 4.5.	Waktu laminasi komponen interior	60
Tabel 4.6.	Waktu laminasi komponen eksterior	64
Tabel 4.7.	Waktu assembling	67
Tabel 4.8.	Waktu finishing	67
Tabel 4.9.	Waktu peluncuran	68
Tabel 4.10.	Jumlah pekerja.....	68
Tabel 4.11.	Lama pembangunan 4 kapal.....	69
Tabel 4.12.	Perbandingan lama waktu pengerjaan antara metode VI dan HL	69

BAB 1

PENDAHULUAN

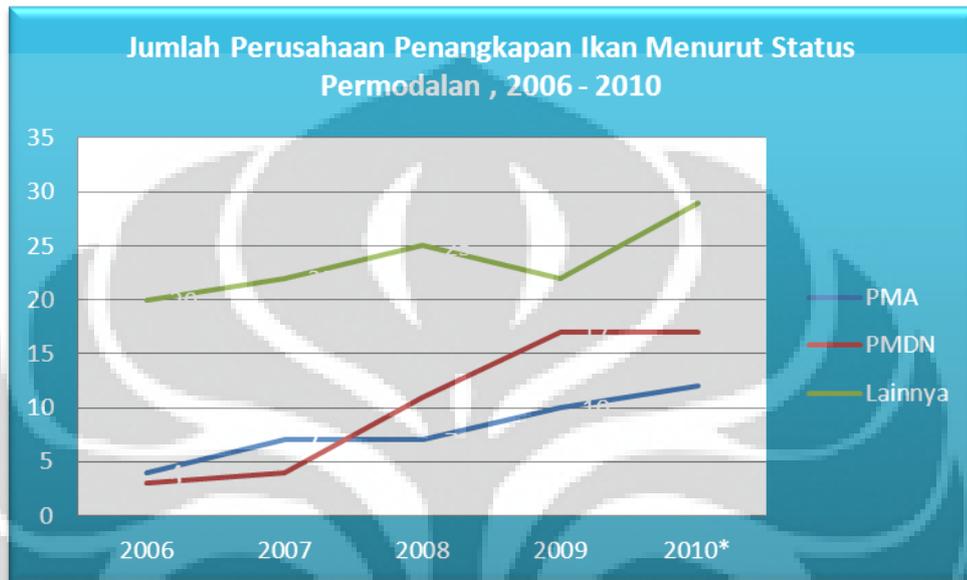
1.1 Latar Belakang

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 sangat dibutuhkan. Salah satunya adalah boat. Permintaan boat mengalami kenaikan seiring dengan ekonomi Negara Indonesia kita yang sedang dalam keadaan positif. Permintaan boat dan produksi terlihat dalam beberapa dekade terakhir ini. Permintaan terlihat dari meningkatnya sektor perikanan, pariwisata, dan pertambangan minyak lepas pantai. Karena semua sektor ini membutuhkan alat transportasi seperti boat, sehingga dengan meningkatnya sektor tersebut maka kebutuhan akan boat juga akan meningkat.

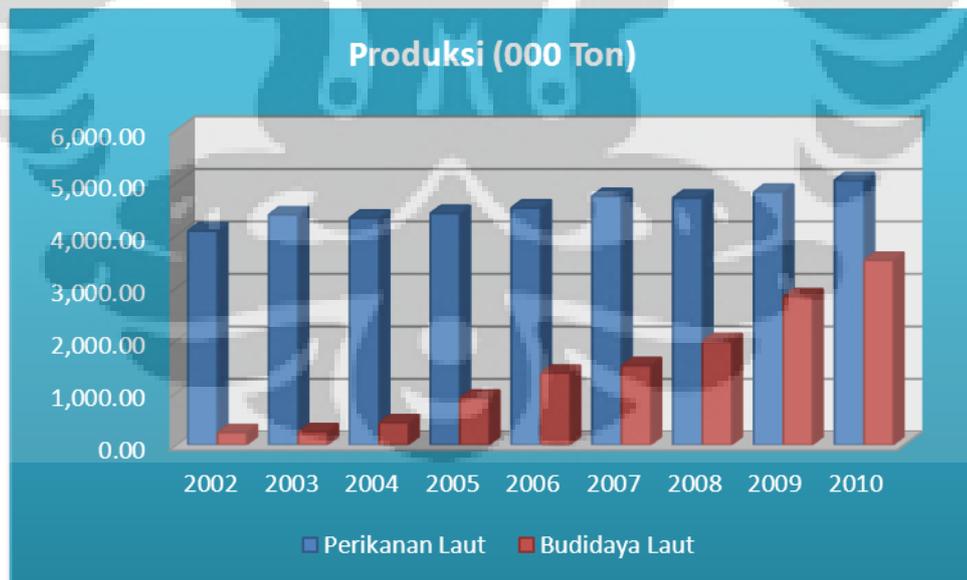


Grafik 1.1 Perkembangan industri boat dunia (Boating Magazine, 4th edition April 2006, RINA)

Dengan banyaknya permintaan akan kapal boat sebagai kapal penangkap ikan, kapal research, oceanic observation, crew boat, dan patrol laut tentunya ini menjadi peluang besar untuk mendirikan sebuah galangan untuk memenuhi permintaan tersebut. Ini terlihat dari data statistika yang menunjukkan peningkatan dari beberapa sektor perekonomian.



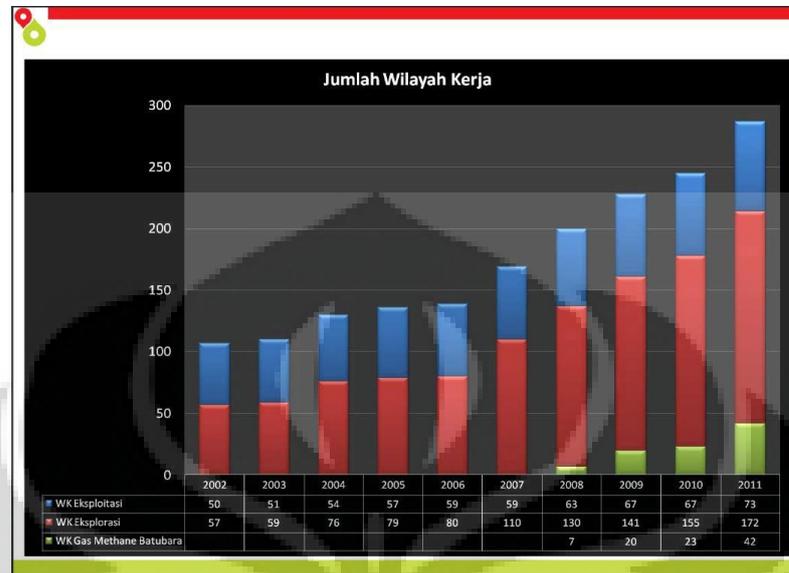
Grafik 1.2 Jumlah perusahaan penangkap ikan (Sumber : BPS)



Grafik 1.3 Jumlah produksi perikanan laut (Sumber : BPS)

Tapi sangat disayangkan di Indonesia hanya sedikit galangan yang membuat kapal boat, sehingga banyak perusahaan offshore yang menyewa kapal

ke luar. Ini merupakan peluang yang sangat menjanjikan akibat permintaan akan kapal boat yang sangat besar dibandingkan dengan jumlah galangan boat yang masih minim di Indonesia.



Grafik 1.4 Jumlah wilayah kerja offshore (Sumber : BP Migas)

Galangan di Indonesia sebagian besar masih dikerjakan secara tradisional atau konvensional yaitu menggunakan metode hand lay-up, sehingga produktivitas rendah dan tidak efisien. Sehingga perlu adanya pendekatan untuk meningkatkan sistem produksi galangan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dari penjelasan diatas adalah Meningkatkan galangan boat nasional yang produktivitasnya masih rendah, tidak efisien dan biaya yang tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merancang galangan kapal boat yang optimal dan efisien. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi masukan atau pertimbangan bagi galangan kapal boat di Indonesia.

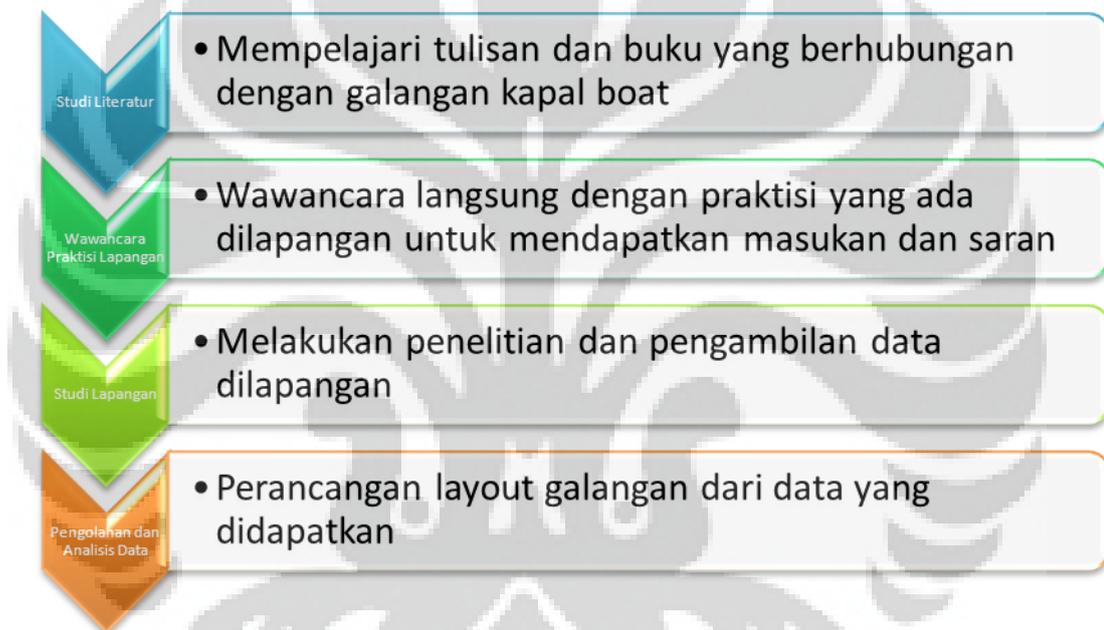
1.4 Batasan Masalah

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

- a. rancangan galangan kapal boat berkapasitas produksi maksimum 5 kapal dengan ukuran 6 – 15 m yang berlokasi di tepi sungai.
- b. boat yang dibuat pada galangan ini menggunakan material komposit
- c. fasilitas yang dibutuhkan hanya pembangunan kapal boat.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan sebagai berikut :



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 Fasilitas Produksi

Membahas fasilitas yang dibutuhkan untuk mendirikan galangan boat komposit.

BAB IV Perancangan Galangan

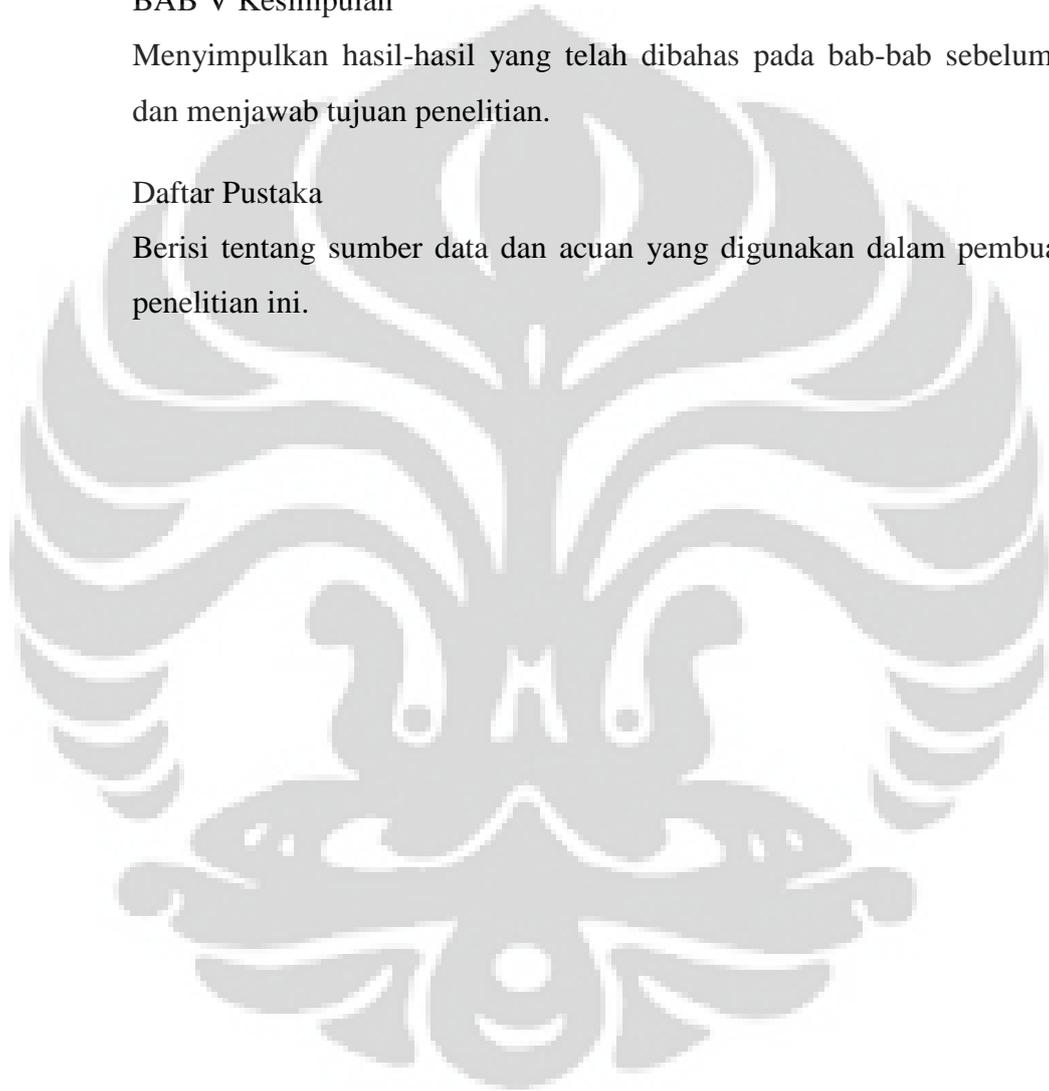
Membahas hasil rancangan galangan boat komposit.

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 tipe hanya 1 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 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*”.¹ Akan tetapi, cetakan ini hanya bisa digunakan sekali saja.



Gambar 2.1 Pembuatan plug

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.

¹ Geer, Dave. (2000). *The Element of Boat Strength for Builders, Designers, and Owners*. McGraw-Hill.



Gambar 2.2 Pembentukan mold

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

2.1.3 Pembentukan Badan Kapal

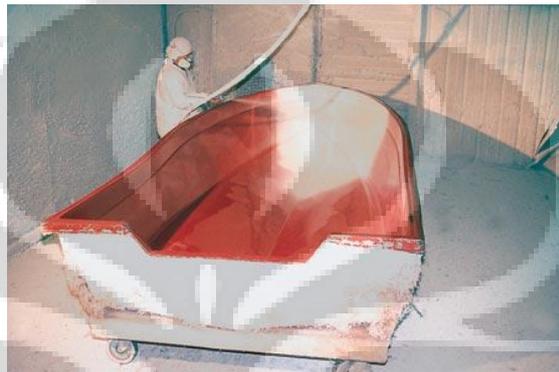
Proses selanjutnya adalah pembentukan bagian – bagian dari badan kapal mulai dari lambung hingga *superstructure*. Yang digunakan untuk membentuk badan kapal adalah mold yang telah diproduksi pada proses sebelumnya.

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 2.3 Mirror glaze

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 2.4 Proses pelapisan gel coat

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 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 2.5 Proses release cetakan dari mold

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 2.6 Proses assembling

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 mengikuti panduan 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 :

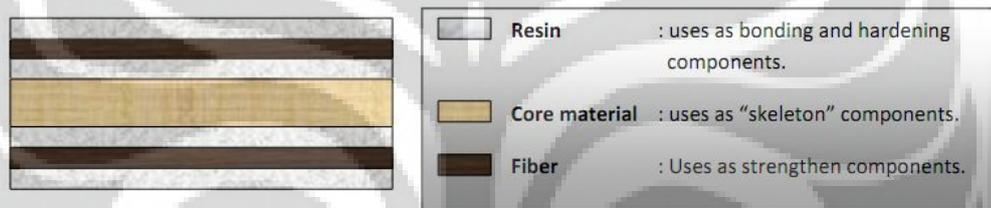
- a. Pendempulan bagian lambung, deck, dan sekat – sekat yang masih kasar.
- b. Pengecatan pada bagian kapal, seperti interior maupun eksterior kapal.
- c. Pemasangan perlengkapan interior, seperti akomodasi, kursi-kursi, dan lain – lain.

- 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 2.7 Material pembentuk FRP

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 :

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

- 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 industry 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.



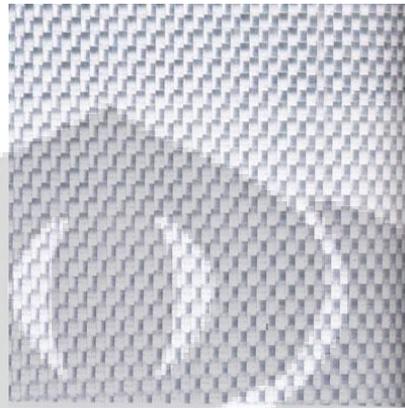
Gambar 2.8 Struktur Chopped Strand Mat (CSM)

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/m².

- 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.

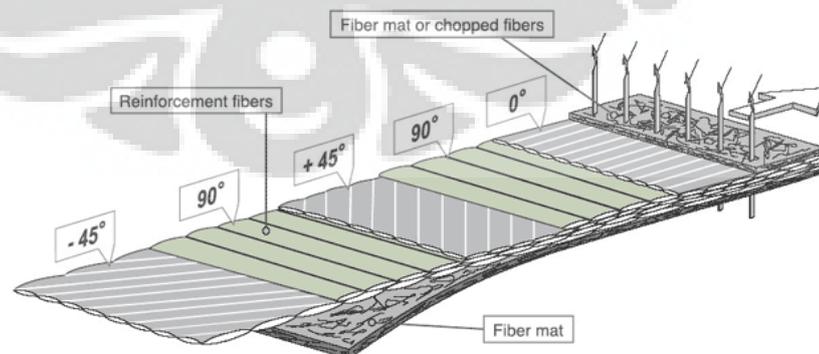


Gambar 2.9 Struktur Woven roving

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

Multiaxial 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 2.10 Struktur Multi axial

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 *multiaxial* 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 Kombinasi curing aditif

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 *Vynil 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.²

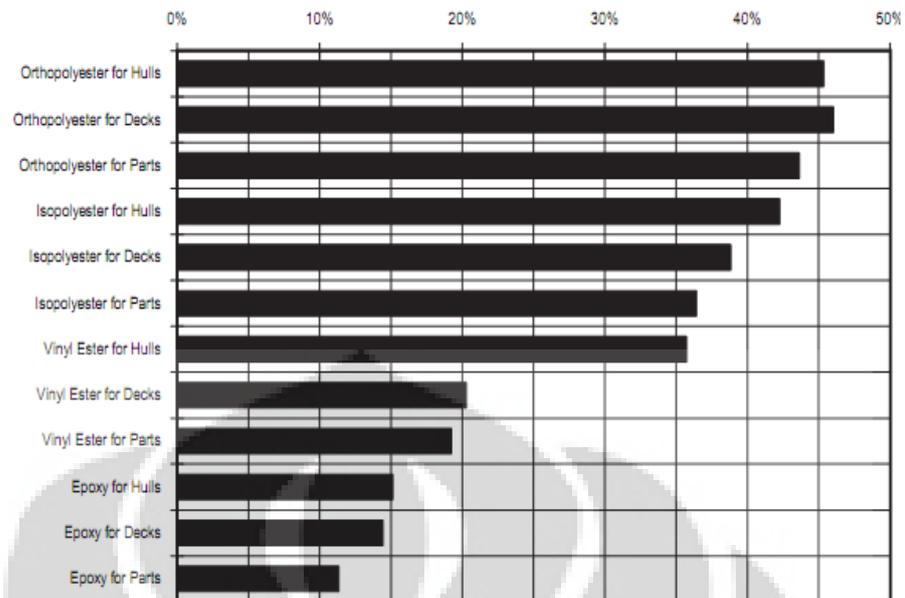
Tabel berikut menunjukkan beberapa data perbandingan untuk berbagai sistem resin thermoset :

Resin	Barcol Hardness	Tensile Strength psi x 10 ³	Tensile Modulus psi x 10 ⁵	Ultimate Elongation	1990 Bulk Cost \$/lb
Orthophthalic Atlas P 2020	42	7.0	5.9	.91%	.66
Dicyclopentadiene (DCPD) Atlas 80-6044	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 Data perbandingan berbagai sistem resin thermoset

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 sistem resin pada *marine industry* :

² Eric Greene Associates, Inc. (1999). *Marine Composite*. EGA.



Grafik 2.1 Penggunaan jenis resin pada industri marine

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 *epoxy resin*, 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 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 badan 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.

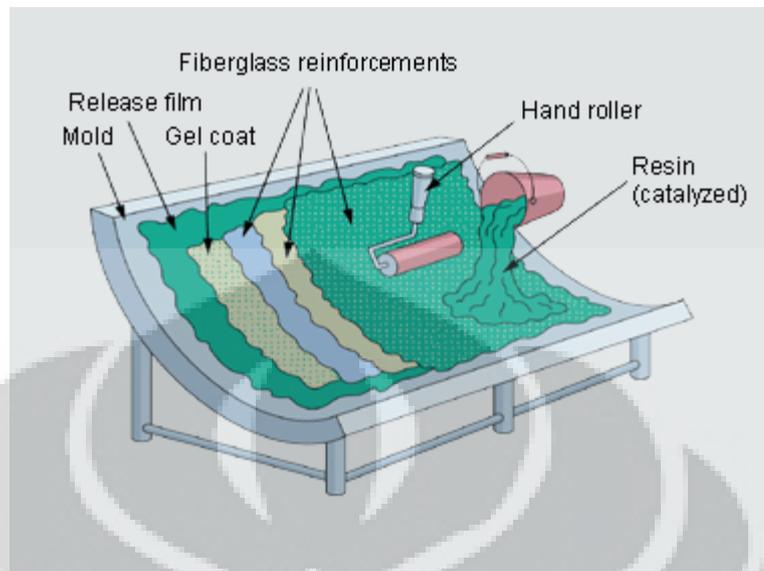
Proses pelapisan material fiberglass dan resin akan diteruskan sampai didapatkan ketebalan yang diinginkan dan sesuai dengan

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 :

1. Mempersiapkan mold/ cetakan
2. Cetakan di wax dan di poles untuk mempermudah menggunakan mold kembali
3. Gelcoat dipoles pada permukaan cetakan dan dibiarkan mengeras sebelum memasang lapisan.
4. Barrier coat juga digunakan untuk menghindari terjadinya tercetak serat melalui permukaan gelcoat.
5. 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.
6. Resin dicampur dengan katalis dan diaduk sampai rata kemudian ditampung dalam tangki penampungan.
7. Resin yang telah dicampur dengan katalis disemprotkan ke permukaan cetakan dengan menggunakan spray gun. Spray gun digerakkan dengan pola yang telah ditentukan untuk membuat ketebalan yang sama.
8. Kemudian menggunakan kuas atau roller untuk memadatkan serat yang disemprot dengan resin agar menghasilkan permuatan yang halus dan menghilangkan udara yang terperangkap.
9. Bisa menggunakan kayu, foam, honeycomb core yang dipasang kedalam laminasi untuk membuat sandwich structure.

10. Laminasi akan mengering sendiri.



Gambar 2.11 Metode 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 kuran padat.

Tetapi metode ini bisa dipertimbangkan jika galangan membutuhkan proses produksi yang cepat dan biaya yang murah karena

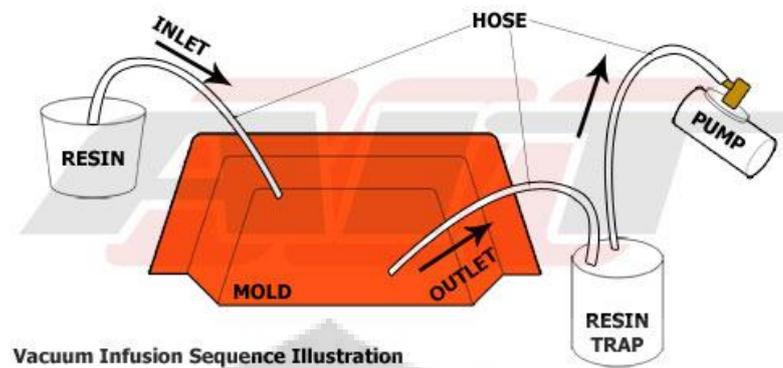
dengan menggunakan metode ini tidak membutuhkan banyak waktu dan biaya yang rendah. Hasil laminasi yang didapatkan juga cukup ringan.

2.3.3 Metode Vacuum Infusion

Metode *Vacuum Infusion* masih jarang digunakan pada kalangan 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 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. Vacuum infusion adalah sama seperti system 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 2.12 Metode vacuum infusion

2.4 Teknologi Vacuum Infusion

Galangan ini akan menerapkan teknologi pada laminasinya dengan menggunakan metode vacuum infusion. Vacuum infusion masih sangat jarang ditemui di galangan 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.³

2.4.1.1 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*

³ Det Norske Veritas. (2011). *Rules for Classification of High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft*. Bærum. Det Norske Veritas.

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

2.4.1.2 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 infusion diatasnya.

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.⁴

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 infusion bukan berdasarkan ketebalannya tetapi berdasarkan glass content permeter persegi.

2.4.2.1 Metode Hand Lay-Up

⁴ Geer, Dave. (2000). *The Element of Boat Strength for Builders, Designers, and Owners*. McGraw-Hill.

Formula scantling number adalah sebagai berikut :

$$S_n = \frac{LOA \times B \times D}{28.32}$$

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 :

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

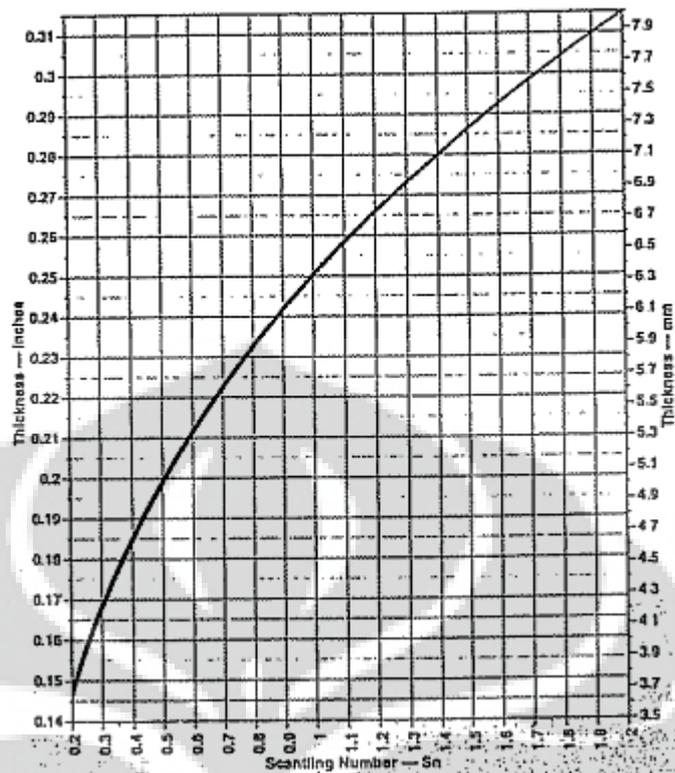
- Jika B keseluruhan kapal dibagi dengan B waterline nilainya lebih besar dari 112 %, maka harus dikoreksi dengan formula berikut ini :

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

Setelah nilai S_n didapatkan dengan mempertimbangkan koreksi dimensi, maka kita bisa menentukan ketebalan dari kulit kapal secara mendasar. Formulasnya adalah :

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

Atau dengan mengacu pada grafik berikut ini :



Grafik 2.2 Scantling number vs Thickness

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 :

Fiberglass	Glass Content by weight	Density (lb./cu.ft. (kg.m ³))	lb./sq.ft. (kg/m ²), 1-in. (1 mm) thick
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)

Tabel 2.3 Glass content tiap jenis serat

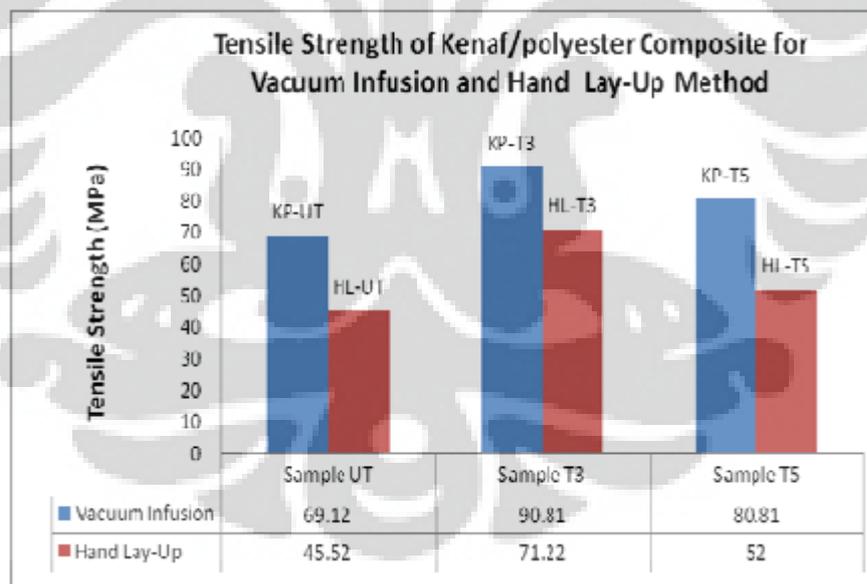
2.4.2.2 Metode Vacuum Infusion

Metode vacuum infusion berbeda dengan metode hand lay-up yang berdasarkan ketebalannya. Metode hand lay-up sangat

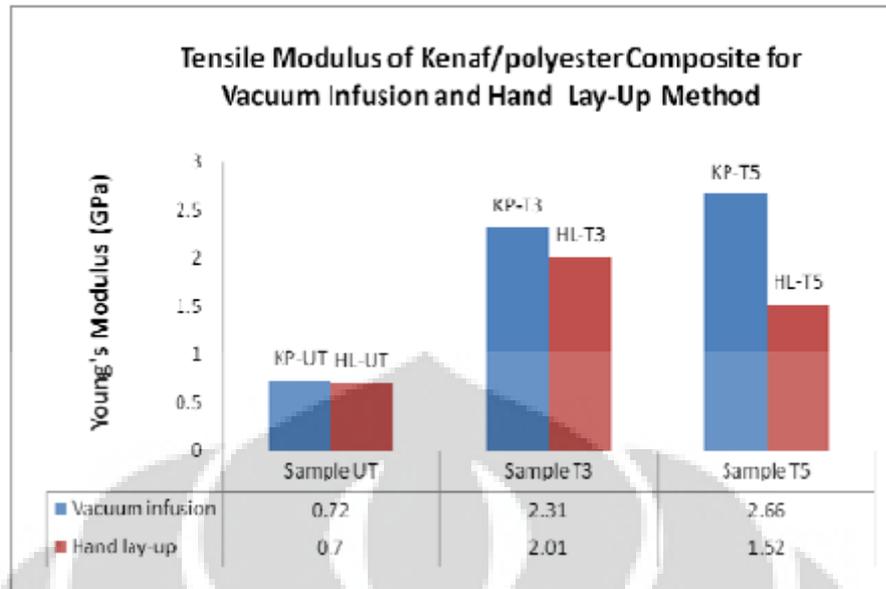
banyak kekurangan disamping dikerjakan dengan tangan yang hasilnya belum tentu maksimal dan ketebalannya belum tentu sama dan merata. Pada vacuum infusion, hal seperti itu tidak ditemui disini karena menggunakan pompa vacuum sehingga saat diinfus ketebalannya merata dan lebih padat dibandingkan hand lay-up.

Vacuum infusion menghitung berdasarkan glass content per meter 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.

Berikut perbandingan kekuatan antara metode vacuum infusion dan dengan metode hand lay up,



Grafik 2.3 Perbandingan tensile strength antara metode VI dan HL



Grafik 2.4 Perbandingan tensile modulus antara metode VI dan HL

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.

BAB III

PENENTUAN FASILITAS GALANGAN

Galangan ini direncanakan akan dibangun ditepi sungai. Rancangan galangan ini dibuat untuk memproduksi kapal boat dengan ukuran $6\text{ m} - 15\text{ m}$. Sehingga fasilitas – fasilitas yang dibutuhkan untuk membangun galangan ini adalah sebagai berikut :

3.1 Fasilitas Galangan

3.1.1 Alat Produksi

Galangan kapal boat fiber memiliki investasi alat produksi yang lebih murah dibandingkan galangan kapal baja. Galangan ini direncanakan akan menggunakan metode *Vacuum Infusion*. Berikut ini adalah alat-alat produksi yang dibutuhkan galangan yang terdiri dari bagian yaitu:

a. Compressor 8 HP

Compressor berfungsi sebagai pasokan udara untuk general purpose seperti supply udara untuk painting dan cleaning.. *Compressor* yang dibutuhkan adalah 2 (dua) buah dialokasikan 1 (satu) untuk cadangan atau emergency jika *compressor* utama mengalami kerusakan.

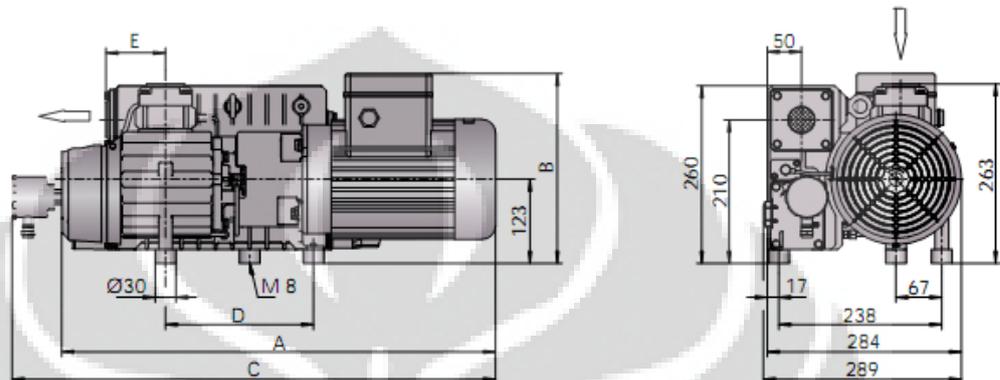


Gambar 3.1 Compressor 8 HP

b. Resin Infusion Pump

Resin infusion pump berfungsi sebagai pompa untuk melakukan vacuum infusion dalam proses laminasi badan kapal. *Resin infusion pump* terdiri dari pompa, resin trap dan selang secara umumnya. Untuk

meningkatkan efisiensi dan menghemat pengeluaran galangan, agar lebih murah pompa vacuum dirakit sendiri dengan membeli pompa jenis *oil lubricates vane pump*. Ini bisa menghemat hingga 70 % dibandingkan membeli 1 set vacuum infusion. Untuk infusion kapal sampai ukuran 30 m, dibutuhkan pompa dengan kapasitas minimal 20 m³/jam, dengan vacuum dibawah 60 milibar.



Gambar 3.2 Resin infusion pump

c. Electric Welding Machine

Electric welding machine berfungsi mesin untuk menyambung atau memotong suatu benda kerja. Biasanya digunakan untuk finishing pada kapal.



Gambar 3.3 Electric welding machine

d. Rotary Hammer

Rotary hammer berfungsi untuk mengebor atau membuat lubang seperti lubang baut.



Gambar 3.4 Rotary hammer

e. Electric grinder

Electric grinder berfungsi untuk menghaluskan permukaan yang masih kasar biasanya digunakan pada bagian pembuatan mold dan finishing.



Gambar 3.5 Electric grinder

f. Planner

Planner berfungsi untuk menghaluskan kayu yang masih kasar.



Gambar 3.6 Planner

g. Jigsaw

Jigsaw berfungsi untuk memotong kayu lapis untuk membuat frame untuk plug dan bahan baku interior kapal.



Gambar 3.7 Jigsaw

h. Sanding Machine

Sanding fungsinya hampir sama dengan grinder untuk menghaluskan permukaan, tapi sanding lebih digunakan untuk finishing seperti pengamplasan dempul pada badan kapal dan menghaluskan permukaan kayu.



Gambar 3.8 Sanding machine

i. Mesin bubut

Lathe atau *mesin bubut* seperti kita ketahui berfungsi untuk membubut logam sesuai ukuran yang diinginkan. Tapi *Lathe* ini hanya sebagian kecil yang menggunakan.



Gambar 3.9 Mesin bubut

j. Trailer

Trailer adalah alat untuk mengangkut kapal yang telah selesai untuk diluncurkan ke air. Trailer biasanya hanya bisa mengangkut kapal yang panjang maksimalnya 15 m. Galangan ini direncanakan hanya membuat kapal dengan ukuran 6 – 15 m sehingga *trailer* ini sangat dibutuhkan dan dari segi pengeluaran ini lebih murah dibandingkan dengan membuat slipway dan crane.



Gambar 3.10 Trailer

k. Portal Crane

Portal crane berfungsi untuk mengangkat hasil laminasi dari mold atau memindahkan badan kapal, memasang bangunan atas ke atas lambung dan lain-lainnya. Untuk Galangan yang baru mulai berproduksi, portal crane merupakan pilihan tepat karena lebih murah dibandingkan menggunakan overhead crane yang harganya lebih mahal.



Gambar 3.11 Portal crane

l. Generator Set

Generator set berfungsi sebagai penyuplai kebutuhan listrik galangan. Jika galangannya masih skala kecil, biasanya masih menyuplai listrik dari PLN tapi tetap menggunakan *generator set* untuk emergency jika sewaktu-waktu listrik padam.



Gambar 3.12 Generator set

m. Kabel Rol

Kabel rol berfungsi sebagai pembantu mempermudah suplai listrik jika connectornya jauh dari tempat proses pengerjaan yang membutuhkan suplai listrik.



Gambar 3.13 Kabel rol

n. Klem Stainless

Klem Stainless berfungsi untuk memblok atau menjepit selang infus saat proses laminasi selesai agar resin tidak mengalir.



Gambar 3.14 Klem stainless

o. Gallon Pail

Gallon pail atau ember berfungsi sebagai tempat menampung resin yang akan digunakan saat proses laminasi. Biasanya bahannya dibuat khusus tahan terhadap resin yang panas saat dicampur katalis.



Gambar 3.15 Gallon pail

p. Fire Extinguisher

Fire extinguisher sangat penting dan harus ada untuk menghindari terjadinya kebakaran saat bekerja.



Gambar 3.16 Fire extinguisher

q. Kendaraan operasional

Kendaraan operasional sangat penting untuk fasilitas alat angkut material yang dibutuhkan galangan untuk produksi kapal.



Gambar 3.17 Kendaraan operasional

Berikut rincian detail peralatan yang dibutuhkan oleh galangan :

No.	Item	Unit
1	Compressor 8 HP	2
2	Electric Grinder	3
3	Electric Welding Machine	2
4	Fire Extinguisher	4
5	Gallon Pail	4
6	Generator Set	1
7	Jigsaw	3
8	Kabel Rol	5
9	Klem Stainless	10
10	Klem Stainless 1.5"	2
11	Klem Stainless 1/2"	6
12	Klem Stainless 2.5"	12
13	Klem Stainless 3/4 "	8
14	Lathe (Mesin Bubut)	1
15	Martil	4
16	Mata Beton 10 m	2
17	Mata Bor 12 mm	2
18	Mata Bor 16 mm	2
19	Mata Bor 18.5 mm	2
20	Mata Bor 2 mm	10
21	Mata Bor 4 mm	20
22	Mata Bor 6 mm	4
23	Mata Bor 8 mm	4
24	Obeng	10
25	Pahat	2
26	Planner	2

27	Portal Crane	4
28	Resin Infussion Pump 25 m ³ /hour	2
29	Rotary Hammer	3
30	Sanding Machine	3
31	Siku	10
32	SPI	25
33	Tang Rivet	4
34	Trailer	2
35	Waterpass	3
36	Kendaraan Operasional	1

Tabel 3.1 Daftar peralatan produksi

3.2 Workshop

Workshop atau hangar adalah bagian terpenting dari sebuah galangan karena sebagai tempat proses produksi berlangsung. Workshop terbagi menjadi empat bagian sebagai berikut :

3.2.1 Tempat Memproduksi Plug dan Mold

Dengan kapasitas galangan yang direncanakan untuk memproduksi 5 (lima) kapal dengan panjang maksimal 15 meter dengan lebar 2,5 meter sehingga lahan yang dibutuhkan adalah **18 m x 16 m**. Lahan ini harus terlindung dari air hujan sehingga harus dilindungi dengan atap. Biasanya lahan untuk plug bergabung dengan pembuatan mold karena tidak selalu harus membuat plug bila kapal yang ingin dibuat bertipe sama. Tempat ini juga digunakan untuk membuat bangunan atas, interior dan eksterior kapal. Sehingga semua ruangan bisa digunakan semaksimal mungkin.

3.2.2 Tempat Kegiatan Laminasi

Pada lahan ini proses pembuatan badan kapal, penyambungan bagian kapal, pembentukan sekat dan pemasangan frame. Dengan kapasitas galangan yang direncanakan untuk memproduksi 5 (lima) kapal dengan panjang maksimal 15 meter dan lebar 2,5 meter sehingga lahan yang dibutuhkan untuk proses proses laminasi adalah **25 m x 16 m**. Hal yang harus diperhatikan pada lahan untuk kegiatan ini adalah daya dukung

tanah. Ini sangat perlu diperhatikan karena berat yang ditanggung tanah cukup besar. Lahan ini harus terlindung dari air hujan sehingga harus dilindungi dengan atap.

3.2.3 Tempat Finishing

Pada lahan ini difungsikan untuk kegiatan finishing seperti penghalusan badan kapal, pendempulan, pengecatan, pemasangan aksesoris dan perlengkapan serta peralatan kapal sesuai fungsinya. Jika order kapal sedang meningkat, agar mempercepat proses produksi biasanya pemasangan aksesoris dan perlengkapan kapal dilakukan setelah kapal diluncurkan, ini bertujuan agar kapal yang telah dicetak dari mold bisa segera dipindahkan ketempat finishing. Luas lahan untuk kegiatan finishing ini adalah **20 m x 16 m**. Biasanya lahan ini terletak diruang terbuka, akan tetapi untuk menjaga kapal tetap dalam keadaan bersih, tidak terkena debu dan hujan saat finishing dilakukan maka bisa dibuatkan atap agar terlindungi.

3.3 Gudang

3.3.1 Gudang Penyimpanan Fiberglass

Penyimpanan fiberglass harus diruang yang tertutup dan tidak terkena langsung sinar matahari. Gudang ini tidak boleh lembab karena akan mengurangi mutu dari fiberglass saat proses laminasi dilakukan. Suhu gudang harus dijaga antara (22 °C – 25 °C). Gudang ini bisa diberi ventilasi agar sirkulasi terjaga dan ruangan tidak lembab.

Jenis	P x L x T (cm)	Harga/kg
CSM (1040mm)	107 x 27.5 x 27.5	Rp 23,000.00
CSM (1210mm)	124 x 31.5 x 31.5	Rp 23,000.00
CSM (1860mm)	189 x 27.5 x 27.5	Rp 23,000.00
WR (1000mm)	107 x 23 x 23	Rp 23,000.00
WR (1120mm)	119 x 22.5 x 22.5	Rp 23,000.00
WR (1200mm)	127 x 21 x 21	Rp 23,000.00
MA (1270mm)	134 x 23 x 23	Rp 38,000.00

Tabel 3.2 Dimensi dan harga material fiberglass (sumber : SS Boat)

Luas gudang yang dibutuhkan untuk menyimpan material ini harus disesuaikan dengan kebutuhan galangan agar pemakaian ruangan bisa efektif dan menjaga agar material tidak terlalu lama tersimpan gudang yang bisa mengurangi mutunya. Pihak galangan bisa memesan 50% kebutuhan material untuk memproduksi dan sisanya bisa dipesan saat proses produksi berjalan. Sistem yang digunakan dalam menggunakan material ini adalah *First In First Out (FIFO)*. Maksudnya adalah menggunakan material yang pertama kali masuk ke dalam gudang, ini bertujuan agar material yang lama dapat digunakan terlebih untuk menjaga mutunya tetap baik. Ukuran gudang yang dibutuhkan untuk menyimpan material fiberglass adalah **3 m x 4 m**.

3.3.2 Gudang Penyimpanan Resin

Tempat penyimpanan resin yang baik adalah dengan suhu ruangan antara (15 °C – 22 °C). Untuk mendapatkan suhu tersebut tidak cukup dengan ventilasi udara saja, tapi membutuhkan pendingin ruangan seperti AC agar kualitas material resin tetap terjaga. Biasanya resin dikemas dalam drum yang berukuran 225 kg. Sistem yang digunakan juga sama dengan material fiberglass yaitu *First In First Out (FIFO)*.

Jenis	D x T (cm)	Harga/Kg
Polyester	57.2 x 85.1	Rp 24,000.00
Vinylester	57.2 x 85.1	Rp 32,000.00
Epoxy	57.2 x 85.1	Rp 130,000.00

Tabel 3.3 Dimensi dan harga material resin (sumber : SS Boat)

Ukuran gudang yang dibutuhkan untuk menyimpan material resin adalah **3 m x 5 m**, dengan ukuran ini material disusun sesuai dengan tahapan pengiriman sebesar 50%.

3.3.3 Gudang Penyimpanan Gelcoat dan Hardener / Katalis

Gudang penyimpanan material gelcoat, hardener dan katalis harus dijaga pada ruangan yang berkisar antara (22 °C – 25 °C). Gudang ini harus tertutup dan terlindung dari cahaya matahari langsung. Sistem yang digunakan juga sama dengan material fiberglass yaitu *First In First Out*

(*FIFO*). Ukuran gudang yang dibutuhkan untuk menyimpan material ini adalah **3 m x 3 m**.

Jenis	Harga/kg
Gelcoat	Rp 57,000.00
Katalis	Rp 60,000.00

Tabel 3.4 Harga material gelcoat dan katalis (sumber : SS Boat)

3.3.4 Gudang Penyimpanan Cat dan Peralatan Produksi

Gudang penyimpanan ini harus tertutup dan diberi ventilasi udara agar terjadi sirkulasi udara sehingga gudang tidak lembab. Gudang ini sebagai tempat penyimpanan cat, peralatan dan perlengkapan produksi seperti peralatan pertukangan, peralatan finishing untuk kapal, peralatan laminasi dan peralatan pendukung lainnya. Ukuran gudang yang digunakan untuk menyimpan peralatan ini adalah **3 m x 6 m**.

Jenis	Satuan	Harga/satuan
Cat primer	Kg	Rp 55,000.00
Cat Anti fouling	Kg	Rp 135,000.00
Cat finishing	Kg	Rp 127,000.00
Aerosil powder	Kg	Rp 118,000.00
Rubbing compound	Kg	Rp 57,000.00
Wax mirror glaze	Kg	Rp 100,000.00
Kit polish wax	Kg	Rp 60,000.00
PVC Vacuum hose	M	Rp 8,800.00
Vacuum bagging film	roll (20 m x 1.52 m)	Rp 180,000.00
Vacuum bagging gum tape	roll (5 m)	Rp 60,000.00
Peel ply	roll (20 m x 1.52 m)	Rp 168,000.00
Infusion mesh	roll (20 m x 1.06 m)	Rp 116,000.00
Resin infusion spiral	pack (10 m)	Rp 42,000.00
Composite high shrink	pack (10 m)	Rp 43,500.00
Flash breaker release	roll (66m)	Rp 84,000.00
Vacuum leak flow indicator	Set	Rp 115,000.00

Tabel 3.5 Harga material consumable bagging dan painting (sumber : SS Boat)

3.3.5 Gudang Penyimpanan Mesin

Gudang ini khusus digunakan untuk menyimpan mesin kapal sebagai propulsi kapal yang harganya cukup mahal, sehingga harus dijaga dari kerusakan. Gudang ini harus tertutup dan dijaga agar tidak lembab dan terkena air. Gudang ini membutuhkan ruang yang cukup untuk menampung mesin, sehingga dibutuhkan ukuran gudang sebesar **3 m x 5 m**.

3.3.6 Gudang Penyimpanan Peralatan dan Perlengkapan Kapal

Gudang ini berfungsi untuk menyimpan peralatan dan perlengkapan kapal dimulai dari alat-alat navigasi, life jacket, life craft, lampu – lampu dan peralatan lainnya. Gudang ini harus tertutup dan dijaga agar tidak lembab dan terkena air. Ukuran gudang yang dibutuhkan adalah **3 m x 5 m**.

3.3.7 Gudang Penyimpanan Kayu

Gudang ini berfungsi untuk menyimpan kayu untuk membuat plug, frame, interior kapal. Gudang ini harus dijaga dari air agar tidak lapuk dan harus diberi atap. Ukuran gudang yang dibutuhkan adalah **3 m x 5 m**.

3.3.8 Gudang Penyimpanan Mold

Gudang ini berfungsi untuk menyimpan mold yang telah digunakan. Mold ini bisa digunakan kembali jika owner memesan tipe kapal yang sama dengan mold tersebut. Ukuran gudang yang dibutuhkan adalah **15 m x 15 m**.

3.4 Office dan Ruang Pendukung Lainnya

Ruangan yang dibutuhkan tidak hanya gudang, tapi juga dibutuhkan ruangan – ruangan lain untuk menunjang produktivitas galangan serta memenuhi kebutuhan, kesejahteraan dan keselamatan pekerja, berikut ruangan pendukung yang dibutuhkan :

3.4.1 Office

Ruang kantor berfungsi sebagai tempat mengurus administrasi, logistik, tempat memantau produksi, mendesain rancangan kapal dan tempat rapat atau meeting. Ukuran ruangan yang dibutuhkan untuk kantor adalah **5 m x 20 m**.

Kantor juga membutuhkan fasilitas-fasilitas untuk menunjang kinerja kantor tersebut sesuai fungsinya. Berikut

No.	Item	Unit
1	AC	6
2	Furniture	
3	Mesin Fotocopy	1
4	Peralatan Kantor	
5	Cooking Set	1
6	Dispenser	1
7	Kitchen Set	1
8	Kompor Gas	1
9	Lemari Es	1
10	High Spec Computer Untuk Desain	2
11	Komputer Kantor	4
12	Mesin Faximile	1
13	Notebook	1
14	Peralatan Jaringan dan Internet	1
15	Printer	3
16	Telephone	7

Tabel 3.6 Fasilitas kantor

3.4.2 Mess Pekerja

Galangan biasanya terletak di bibir pantai dan sungai yang bertujuan untuk memudahkan proses peluncuran kapal. Sehingga kebanyakan galangan berada jauh dari pemukiman penduduk. Dengan demikian mess pekerja dibutuhkan jika para pekerja memiliki rumah yang jauh dari galangan. Ukuran mess pekerja yang dibutuhkan adalah **5 m x 15 m**.

Fasilitas yang dibutuhkan pada mess pekerja adalah sebagai berikut:

No.	Item	Unit
1	Double Bed	6
2	Lemari	6

Tabel 3.7 Fasilitas mess pekerja

3.4.3 Klinik

Aspek keselamatan sangat penting karena berhubungan dengan kenyamanan, keselamatan pekerja yang berdampak pada produktivitas galangan. Sehingga ruang klinik diperlukan sebagai tempat pertolongan dan pengobatan para pekerja jika mengalami kecelakaan saat kerja. Ukuran ruangan yang dibutuhkan adalah **4 m x 5 m**.

3.4.4 Genset Room

Genset Room adalah ruangan tempat generator set untuk menyuplai daya listrik galangan. Biasanya galangan juga menggunakan listrik dari PLN, akan tetapi untuk mencegah jika terjadinya listrik padam, generator bisa digunakan sehingga proses produksi tidak terganggu. Ukuran genset room yang dibutuhkan adalah **3 m x 4 m**.

3.4.5 Musholla

Musholla berfungsi untuk fasilitas ibadah bagi pekerja yang beragama muslim. Musholla dibangun didekat workshop agar mengefisienkan waktu kerja dan mempermudah pekerja menjalankan ibadah sholat 5 waktu. Ukuran musholla yang dibutuhkan adalah **5 m x 5 m**.

Fasilitas yang dibutuhkan untuk sholat adalah sebagai berikut :

No.	Item	Unit
1	Kipas Angin	1
2	Sejadah	6

Tabel 3.8 Fasilitas musholla

3.4.6 Kantin

Kantin berfungsi sebagai sarana ruang makan. Ini dibangun untuk mengefisienkan waktu istirahat pekerja agar tidak mengganggu kegiatan produksi dan melatih kedisiplinan para pekerja agar dapat memanfaatkan waktu dengan sebaik-baiknya. Ukuran lahan untuk kantin pekerja adalah **5 m x 8 m**.

3.4.7 WC / Kamar Mandi

Ruangan WC merupakan salah satu fasilitas untuk pekerja dan harus dibuat didekat workshop agar mengefisienkan waktu kerja yang terbuang. Ukuran kamar mandi yang dibutuhkan adalah **3 m x 4,5 m**.

3.4.8 Security Post

Security Post atau yang dikenal dengan pos satpam berfungsi sebagai tempat jaga satpam untuk mengawasi kegiatan keluar masuk di galangan. Ukuran ruangan pos satpam yang dibutuhkan adalah **3 m x 4 m**.

3.4.9 Tempat Penampungan Sampah Sementara

Tempat penampungan sampah kadang sering diabaikan. Ini termasuk cukup penting dalam menjaga produktivitas galangan. Tempat penampungan sampah berfungsi untuk menampung sampah-sampah sisa produksi yang tidak bisa digunakan lagi. Dengan adanya tempat ini, lingkungan galangan akan tetap bersih dan nyaman serta tidak menghambat dalam proses produksi.

3.4.10 Area Parkir

Area parkir dibutuhkan sebagai tempat kendaraan operasional, kendaraan pekerja. Lahan yang dibutuhkan adalah **4,5 m x 5 m**.

3.5 Lahan Peluncuran

Lahan peluncuran harus dipersiapkan untuk peluncuran kapal yang telah siap. Biasanya lahan peluncuran menggunakan slipway, crane, dan bantalan balon udara serta graving dock. Akan tetapi metode tersebut karena cukup mahal untuk

dibangun. Yang paling mudah dan praktis adalah pada bibir sungai dibuat kemiringan yang kemudian dicor beton. Untuk peluncuran kapalnya menggunakan trailer yang diluncurkan melalui jalan yang telah dicor.



BAB IV

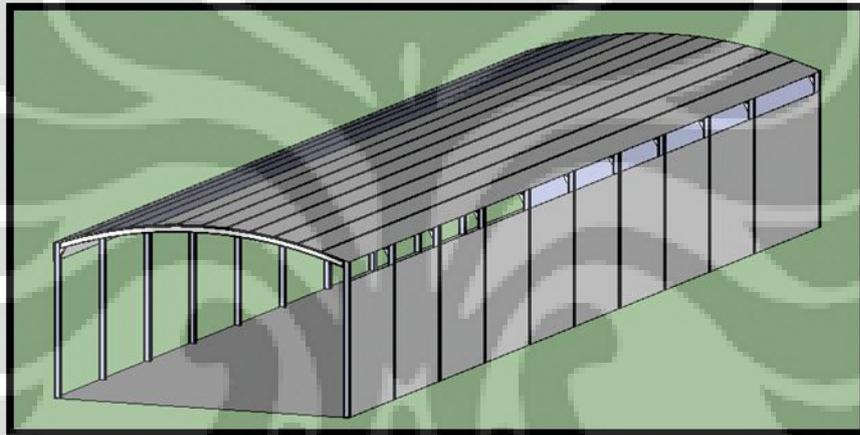
PERANCANGAN GALANGAN

4.1 Workshop

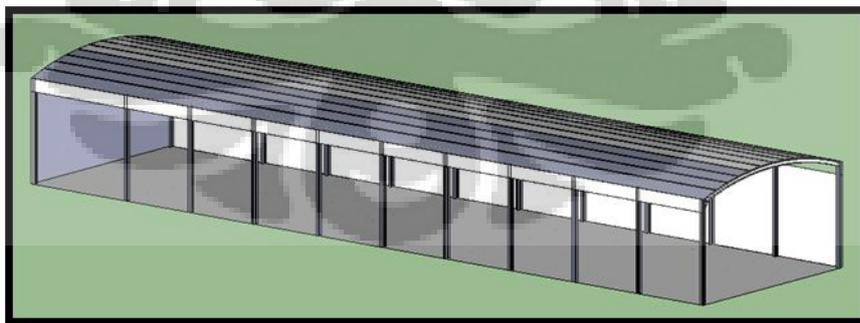
Workshop ini terdiri dari :

- Tempat memproduksi plug dan mold : 18 m x 16 m
- Tempat laminasi : 25 m x 16 m
- Tempat finishing : 20 m x 16 m

Ketiga tempat ini digabung menjadi satu agar mudah dalam pemindahan bangunan kapal boat. Berikut hasil rancangannya :



Gambar 4.1 Rancangan workshop dari sisi kanan



Gambar 4.2 Rancangan workshop dari sisi kiri

4.2 Gudang

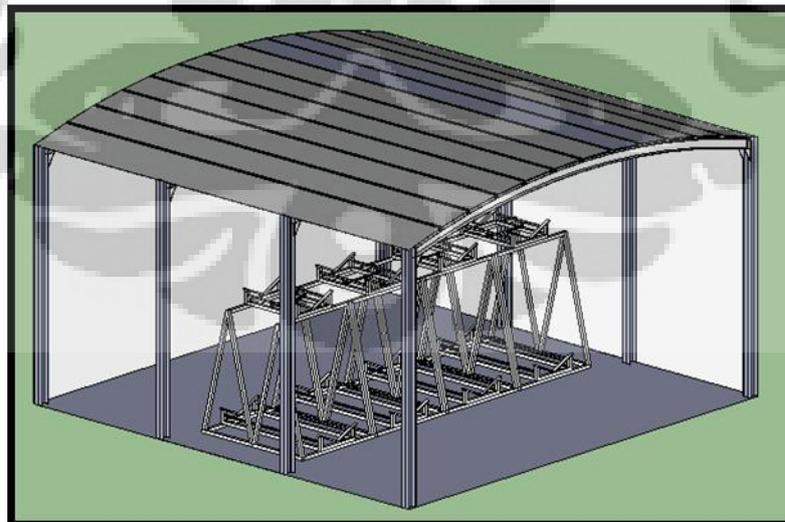
Gudang penyimpanan terdiri dari :

- Gudang kayu : 3 m x 5 m
- Gudang fiberglass : 3 m x 4 m
- Gudang resin : 3 m x 5 m
- Gudang gelcoat, hardener dan katalis : 3 m x 3 m
- Gudang cat, peralatan dan perlengkapan produksi : 3 m x 6 m
- Gudang penyimpanan mesin : 3 m x 5 m
- Gudang peralatan dan perlengkapan kapal : 3 m x 5 m
- Gudang Mold : 15 m x 15 m

Berikut hasil rancangannya :



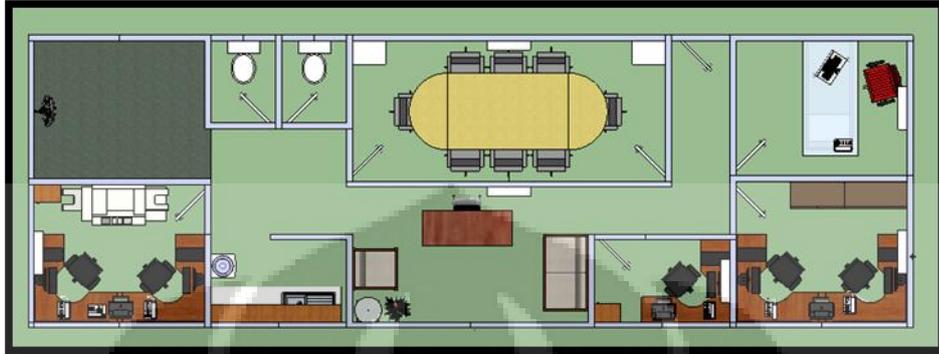
Gambar 4.3 Rancangan gudang penyimpanan



Gambar 4.4 Rancangan gudang mold

4.3 Office

Kantor ini berukuran 5 m x 20 m, berikut hasil rancangannya :



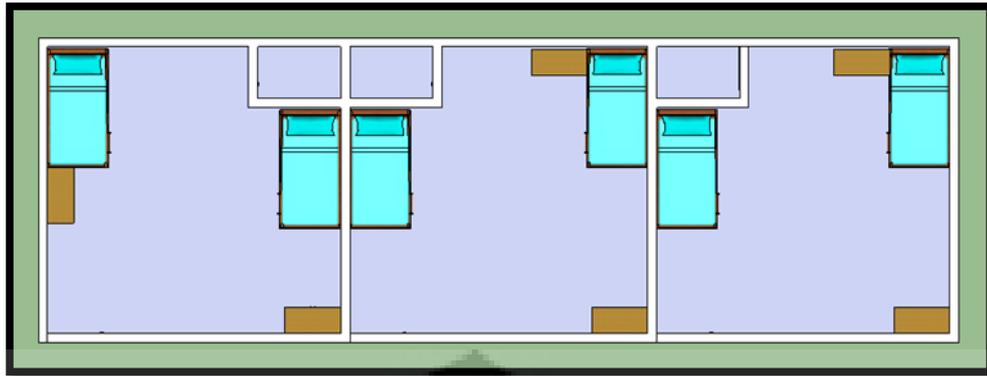
Gambar 4.5 Rancangan kantor tampak atas



Gambar 4.6 Rancangan kantor 3D

4.4 Mess Pekerja

Mess pekerja ini ada 3 kamar dengan ukuran yang cukup besar dengan ukuran 5 m x 15 m, berikut hasil rancangannya :



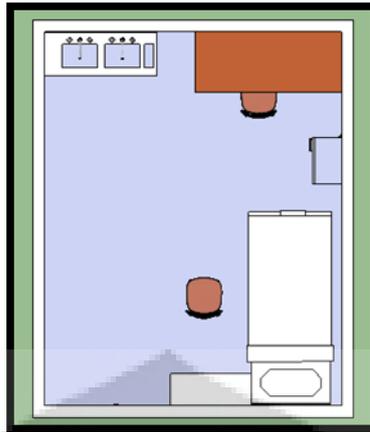
Gambar 4.7 Rancangan mess pekerja tampak atas



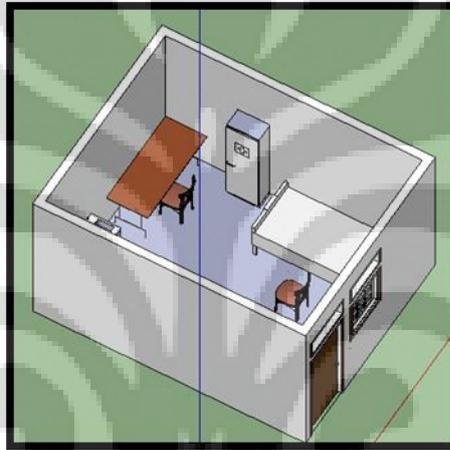
Gambar 4.8 Rancangan mess pekerja 3D

4.5 Klinik

Klinik ini difungsikan sebagai tempat pertolongan pertama jika para pekerja mengalami kecelakaan. Klinik ini berukuran 4 m x 5 m, berikut hasil rancangannya :



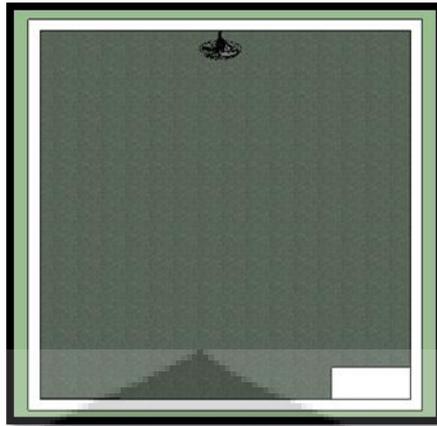
Gambar 4.9 Rancangan klinik tampak atas



Gambar 4.10 Rancangan klinik 3D

4.6 Musholla

Musholla dibangun untuk tempat ibadah sholat lima waktu bagi pekerja yang beragama muslim. Musholla ini berukuran 5 m x 5 m, berikut hasil rancangannya :



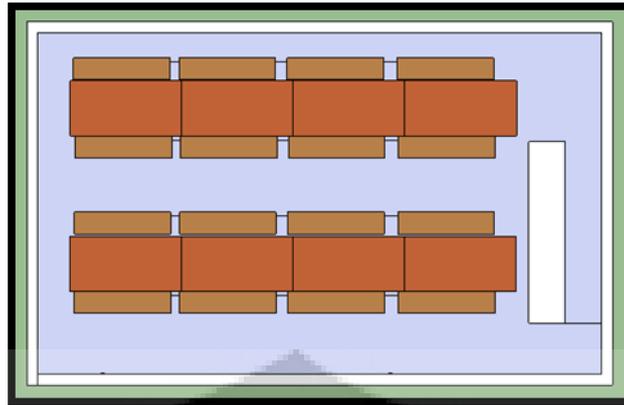
Gambar 4.11 Rancangan musholla tampak atas



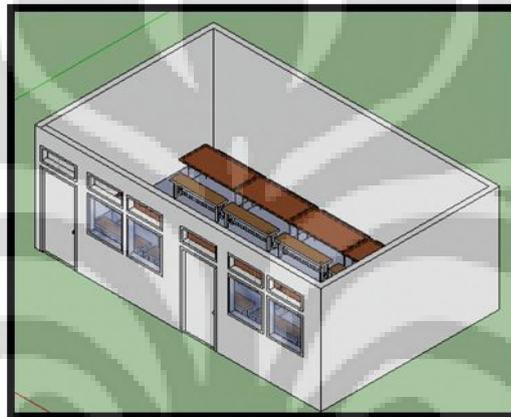
Gambar 4.12 Rancangan musholla 3D

4.7 Kantin

Kantin dibangun untuk mengefisienkan waktu istirahat para pekerja agar tidak terbuang saat makan dan efektif. Ukuran kantin yang dibangun adalah 5 m x 8 m, berikut hasil rancangannya :



Gambar 4.13 Rancangan kantin tampak atas



Gambar 4.14 Rancangan kantin 3D

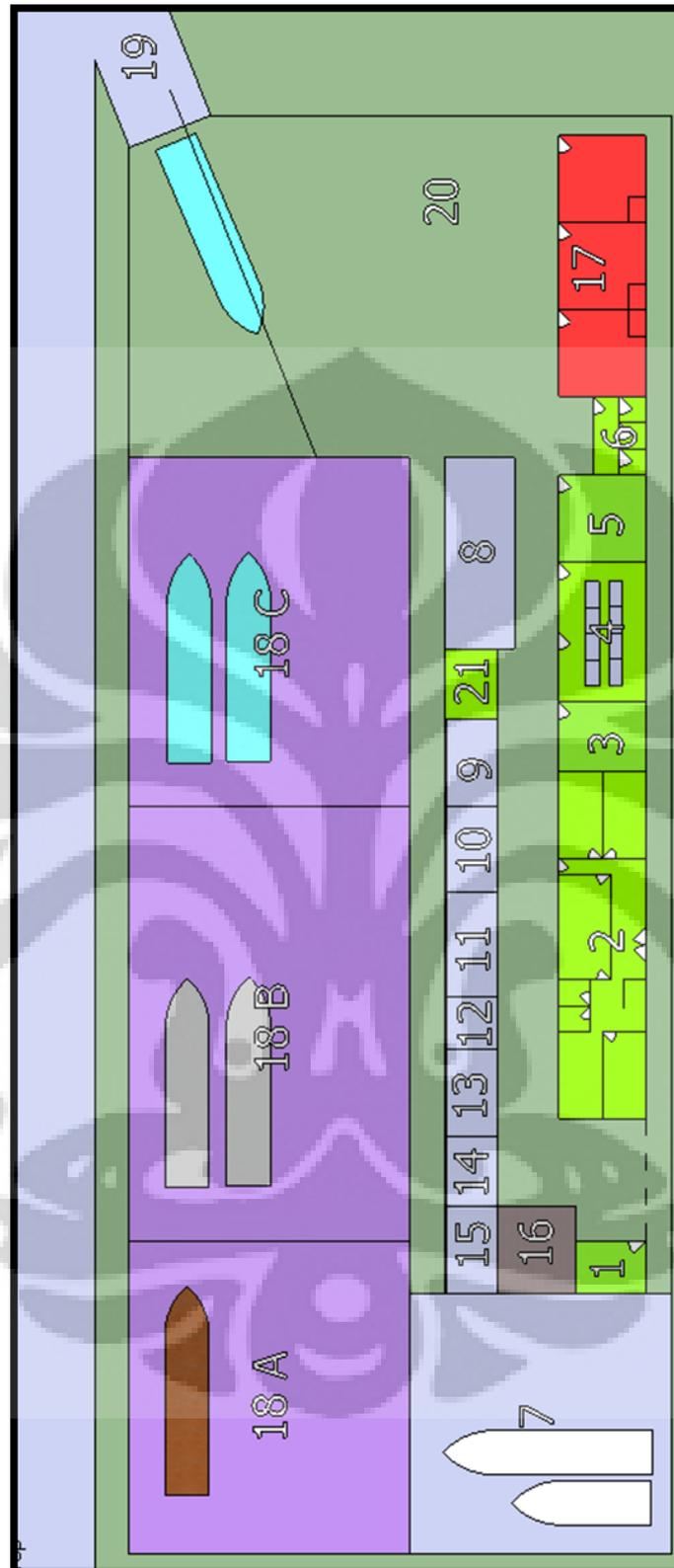
4.8 Desain Layout Galangan

Desain layout galangan yang efektif harus mengetahui alur proses produksi. Alur material harus teratur dan tidak terjadi bentrok. Ini berhubungan juga dengan lokasi penyimpanan material yaitu gudang. Gudang harus bergandengan dengan proses alur produksi yang berjalan. Dengan desain layout galangan yang optimal maka produktivitas galangan akan meningkat baik dari segi waktu dan biaya yang dikeluarkan serta kualitas produk yang dihasilkan galangan juga akan meningkat. Berikut aspek yang perlu diperhatikan dalam mendesain layout galangan :

- *Alur Produksi*, harus mengalir mengikuti alur yang teratur mulai dari tahap awal hingga peluncuran. Dengan demikian tidak akan terjadi bentrok dalam pengerjaan atau pengulangan proses akibat tidak teratur.

- *Alur Material*, letak tempat penyimpanan harus selaras atau sama dengan alur produksi sehingga menjadi lebih efisien dalam menyuplai material dari gudang.
- *Karakteristik tempat penyimpanan*, material pembentuk FRP (fiberglass, resin, hardener, katalis, gelcoat, dll) memiliki karakteristik masing-masing, sehingga bisa diketahui karakteristik tempat penyimpanan yang sesuai.
- *Lahan Produksi*, kebutuhan lahan pembuatan plug, mold, laminasi, dan assembly harus terlindung dari hujan. Ini dimaksudkan untuk menjaga kualitas hasil produksi.
- *Aspek Efektifitas dan Lingkungan*, layout tidak perlu rumit tapi sederhana dan maksimal dalam penataannya. Lingkungan galangan juga dijaga kebersihannya agar tidak mengganggu produktivitas galangan.
- *Aspek Keselamatan*, Galangan harus menerapkan “First Safety” dalam proses produksinya sehingga klinik dibutuhkan.
- *Sistem Peluncuran*, ini sangat mempengaruhi layout karena harus menyesuaikan dengan kondisi galangan.

Berikut desain layout galangan ini :



Gambar 4.15 Rancangan layout galangan

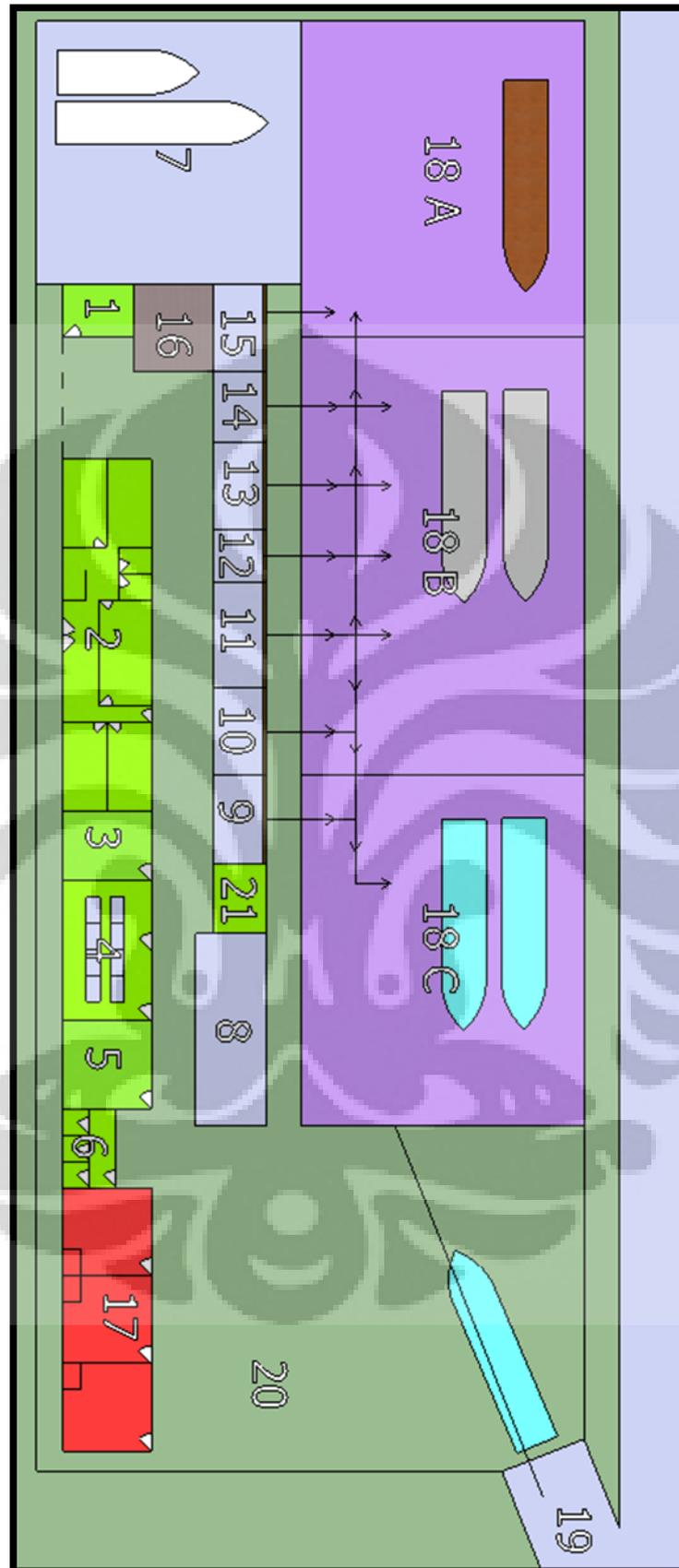
Keterangan gambar :

- | | |
|---|--|
| 1. Security Post (pintu masuk) | 12. Gudang Gelcoat dan Hardener / Katalis |
| 2. Kantor | 13. Gudang Resin |
| 3. Klinik | 14. Gudang Fiberglass |
| 4. Kantin | 15. Gudang Kayu |
| 5. Musholla | 16. Parkir |
| 6. WC | 17. Mess Pekerja |
| 7. Gudang Mold | 18. Workshop (A. Plug & Mold, B. Laminasi, C. Finishing) |
| 8. Tempat Penampungan Sampah | 19. Peluncuran |
| 9. Gudang Peralatan dan Perlengkapan Kapal | 20. Parkir kapal |
| 10. Gudang Penyimpanan Mesin | 21. Genset Room |
| 11. Gudang Cat, Peralatan dan Perlengkapan Produksi | |

Dari perancangan layout galangan diatas, maka waktu produksi akan lebih cepat karena didesain mengikuti alur produksi. Dengan menggunakan metode vacuum infusion, pekerjaan produksi menjadi lebih bersih dan rapi.

4.9 Simulasi Proses Produksi Galangan

Berikut simulasi proses produksi dari rancangan galangan kapal boat ini :



Gambar 4.16 Rancangan simulasi alur produksi

Dari layout diatas dapat terlihat alur material berjalan dengan continue dan searah sehingga tidak terjadi penumpukan material. Tingkat produktivitas galangan juga dilihat dari berapa lama waktu yang dibutuhkan galangan untuk membuat sebuah kapal. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat sebuah kapal patrol dengan contoh “Kapal Patroli 12 m” adalah sebagai berikut :

1	PEMBUATAN PLUG	MAN POWER	TARGET WAKTU
		4 Pekerja	3 Minggu
		2 Helper	

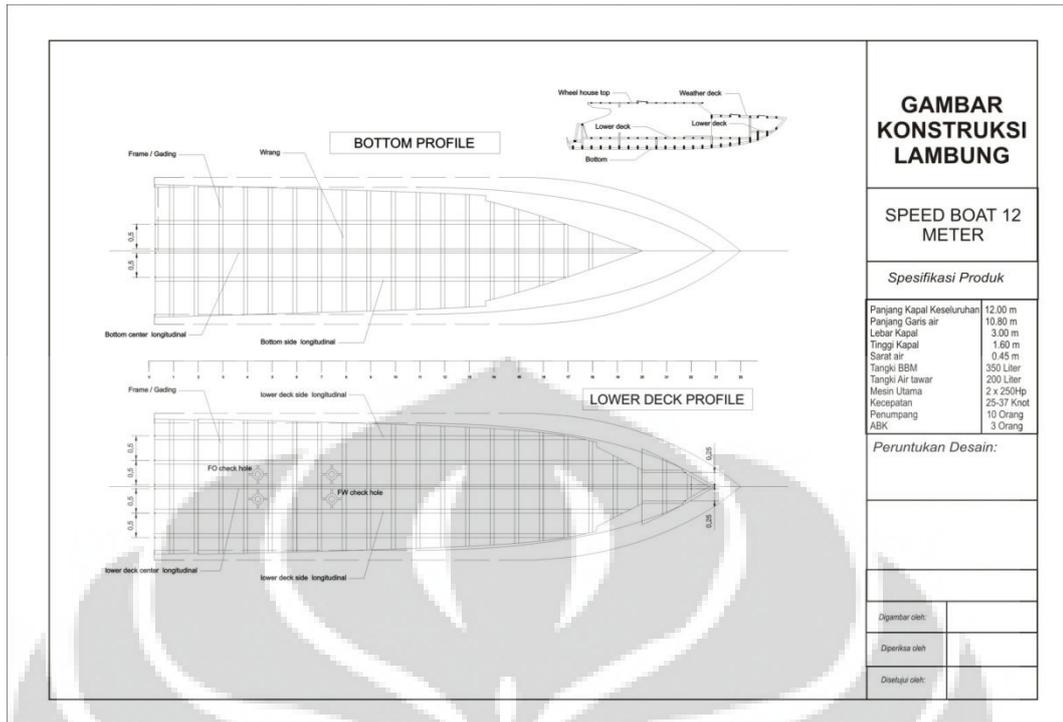
Tabel 4.1 Waktu pembuatan plug

2	PEMBUATAN MOLD	MAN POWER	TARGET WAKTU
		4 Pekerja + 2 Helper	1 Minggu

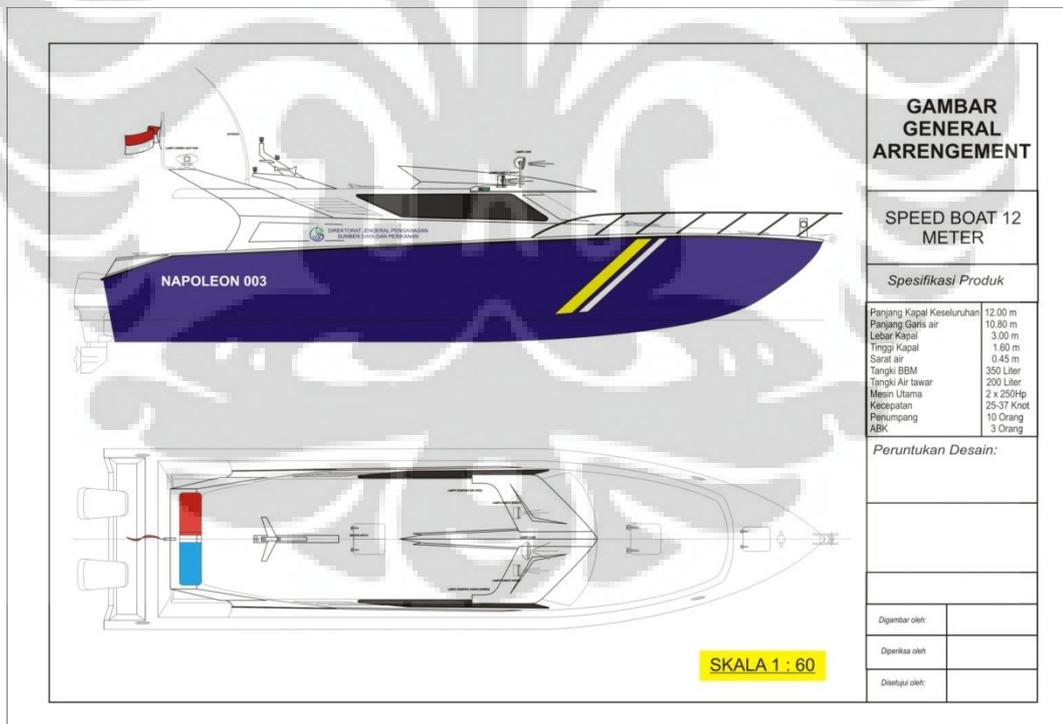
Tabel 4.2 Waktu pembuatan mold

3	CETAK LAMBUNG	MAN POWER	TARGET WAKTU
	Poles Moulding	4 Pekerja + 2 Helper	1 Minggu
	Gelcoat		
	Laminasi (Vacuum Infusion)		
	Pasang Frame		
	Pasang Lunas		
	Pasang Girder		
	Pasang Sekat		
	Pasang Fondasi Mesin		
	Release		

Tabel 4.3 Waktu laminasi lambung



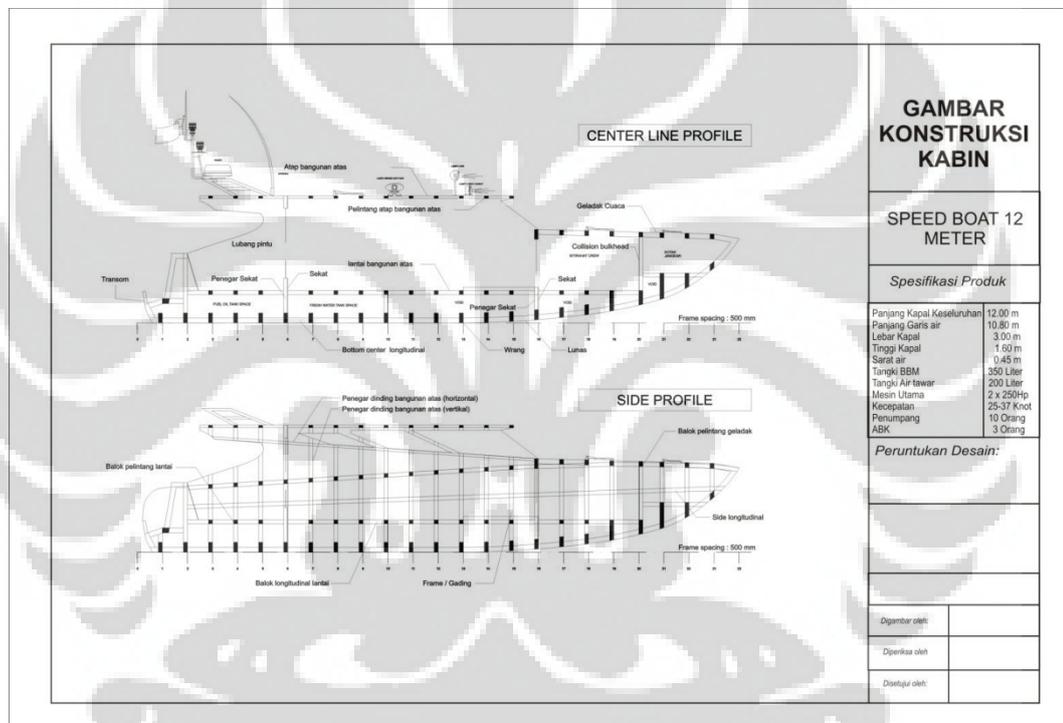
Gambar 4.17 Konstruksi lambung Kapal Patroli 12 m



Gambar 4.18 General Arrangement Kapal Patroli 12 m

4	CETAK DECK – CABIN	MAN POWER	TARGET WAKTU
	Poles Moulding	2 Pekerja + 1 Helper	1 Minggu
	Gelcoat		
	Laminasi / Cor		
	Pasang Frame		
	Pasang Isolasi		
	Pasang Plafon		
	Release		

Tabel 4.4 Waktu laminasi deck – cabin

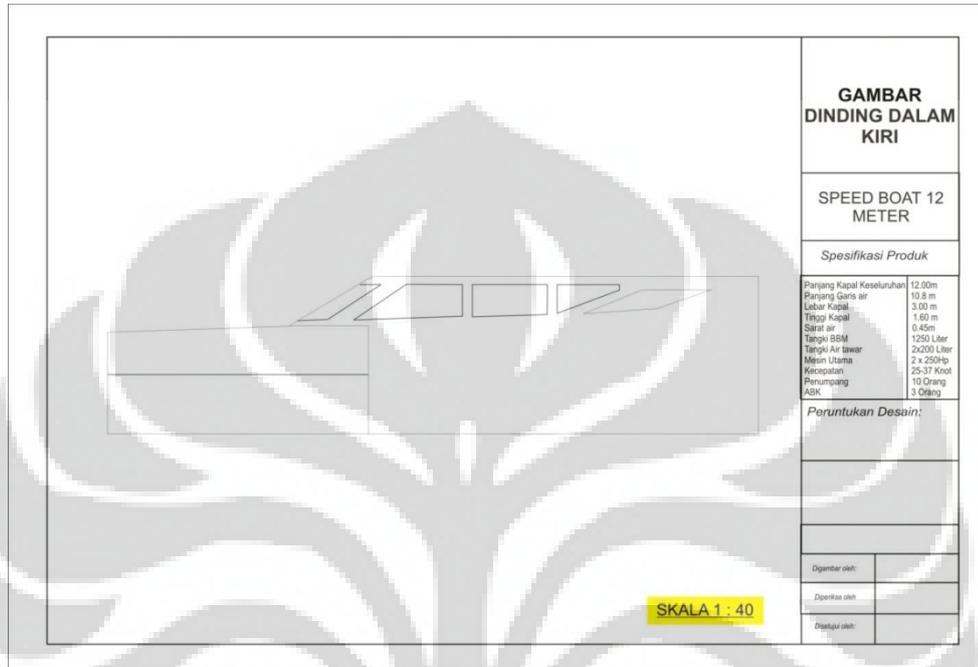


Gambar 4.19 Konstruksi kabin Kapal Patroli 12 m

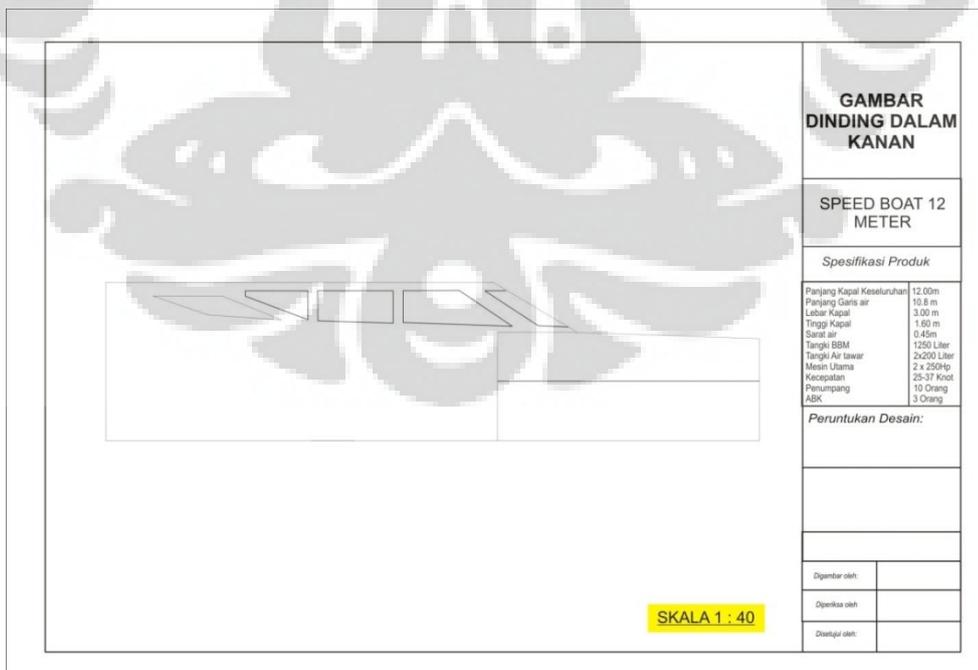
5	CETAK COMPONENT INTERIOR	MAN POWER	TARGET WAKTU
	Cetak Dinding Dalam Kiri	4 Pekerja	2 Minggu
	Cetak Dinding Dalam Kanan		
	Cetak Dashboard		
	Cetak Plafon		
	Cetak Toilet		
	Cetak Kursi		
	Cetak Lantai		

	Cetak Tempat Tidur		
	Cetak Pintu-Pintu		
	Cetak Frame Kaca		

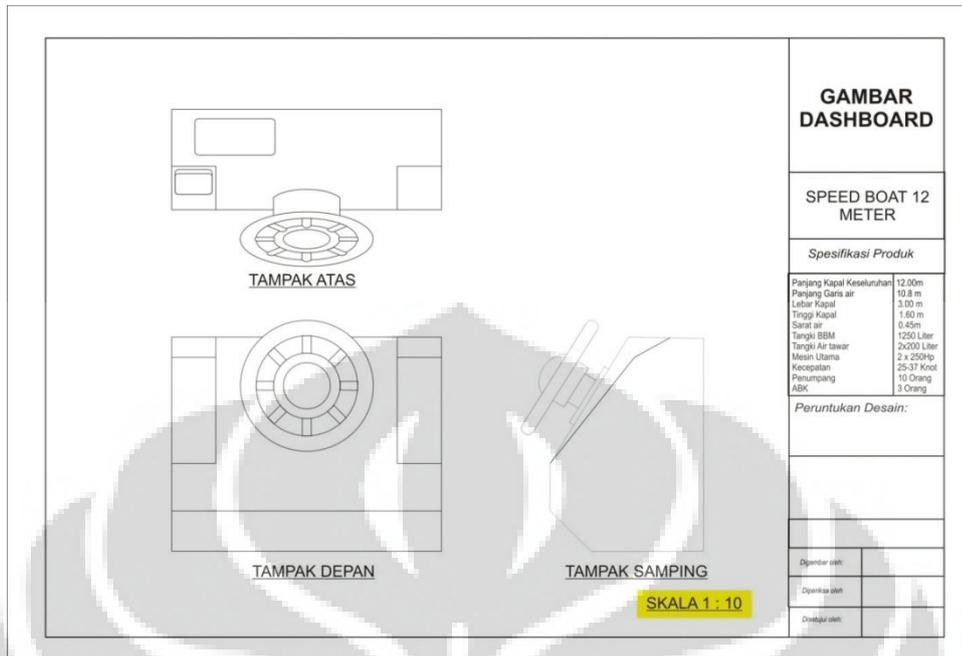
Tabel 4.5 Waktu laminasi komponen interior



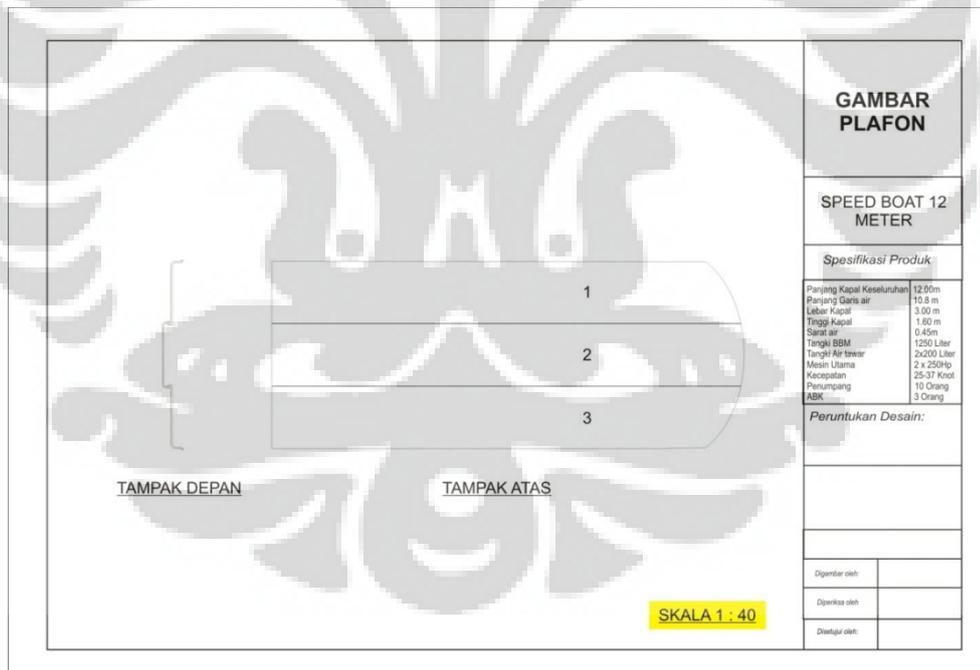
Gambar 4.20 Dinding dalam kiri Kapal Patroli 12 m



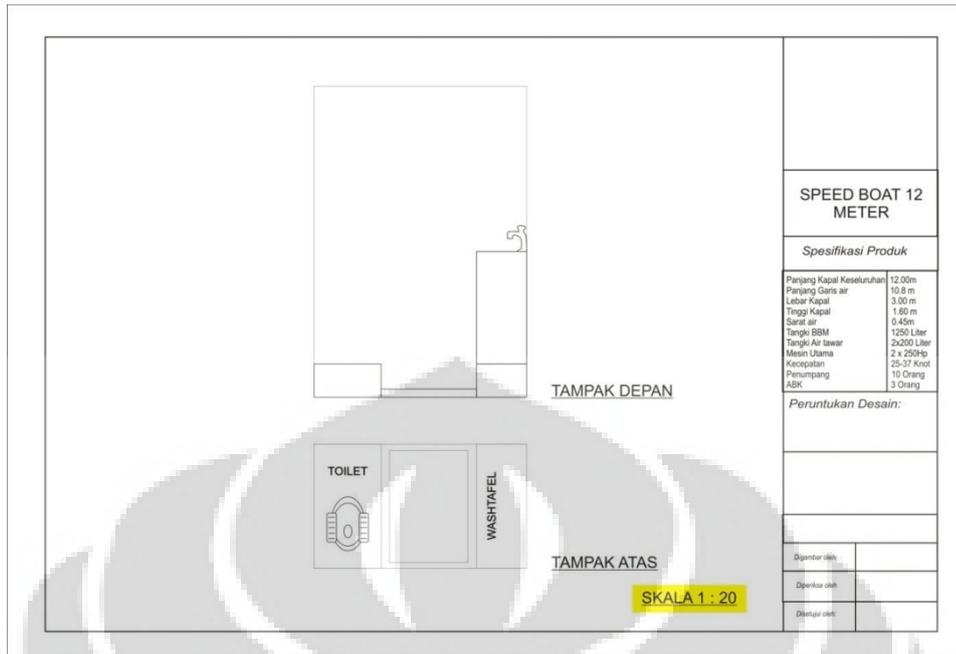
Gambar 4.21 Dinding dalam kanan Kapal Patroli 12 m



Gambar 4.22 Dashboard Kapal Patroli 12 m



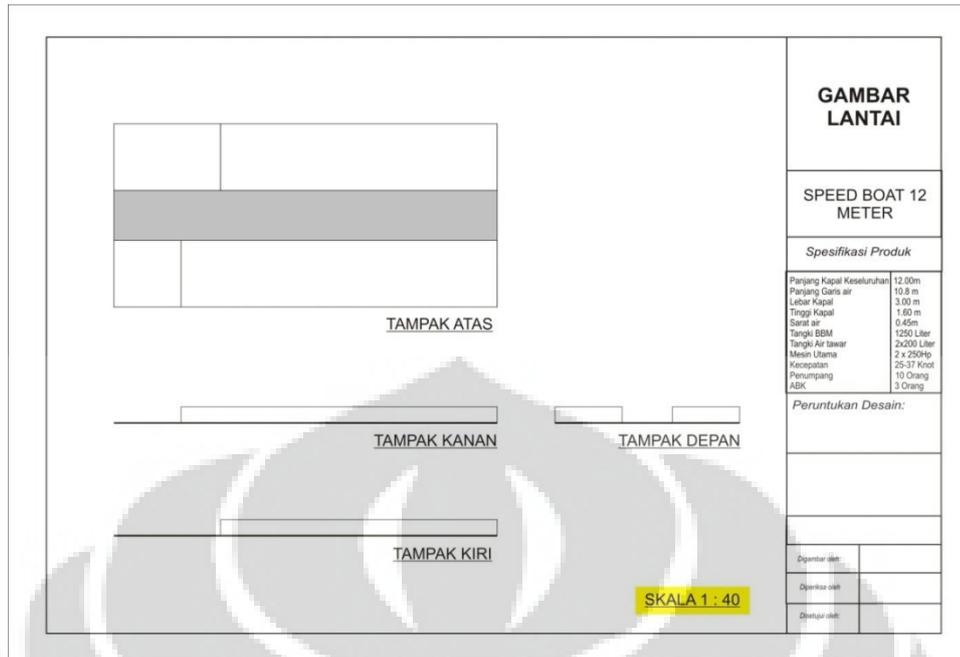
Gambar 4.23 Plafon Kapal Patroli 12 m



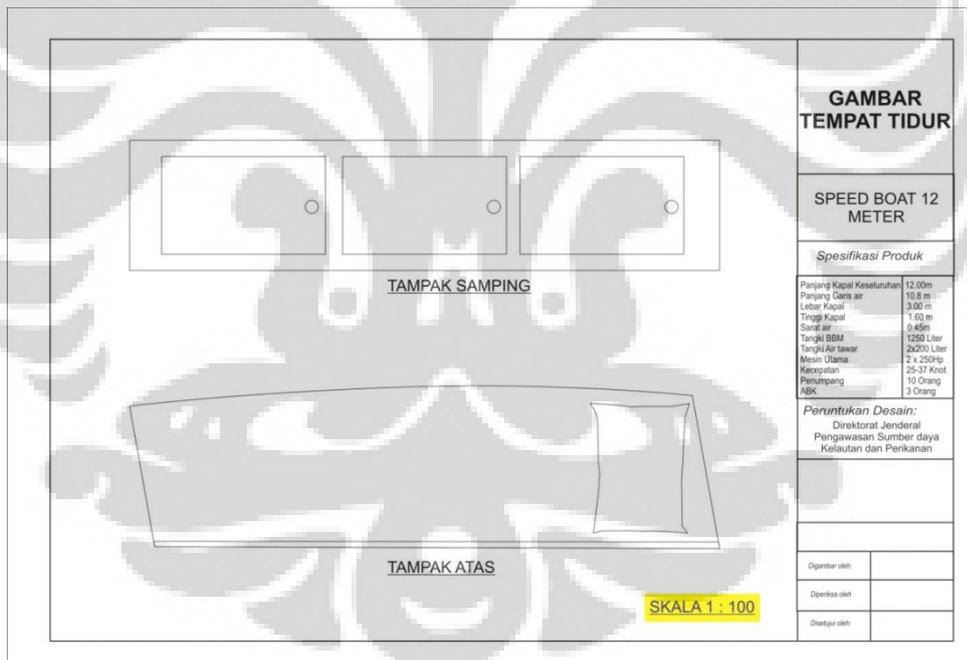
Gambar 4.24 Toilet Kapal Patroli 12 m



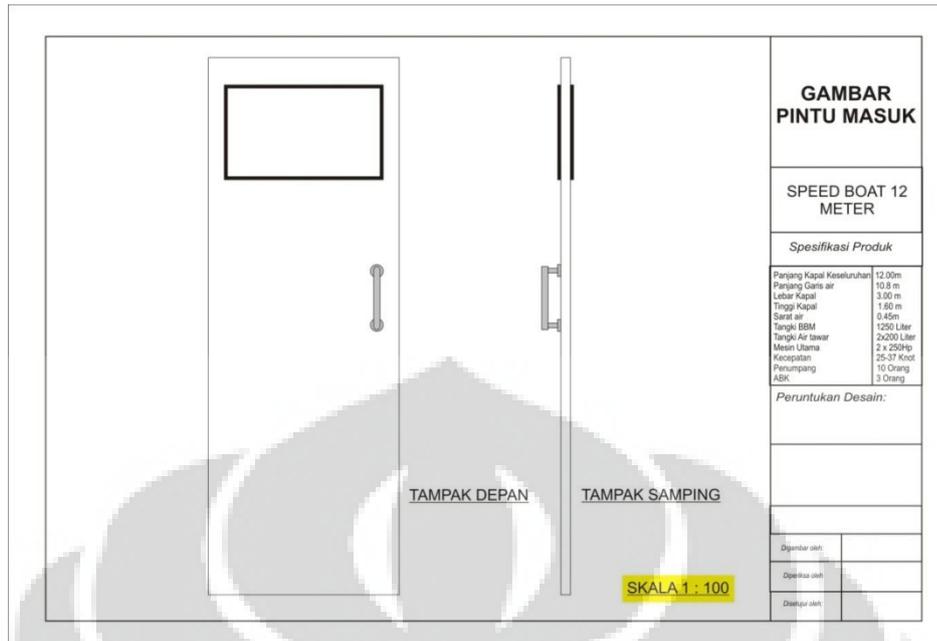
Gambar 4.25 Kursi penumpang Kapal Patroli 12 m



Gambar 4.26 Lantai Kapal Patroli 12 m



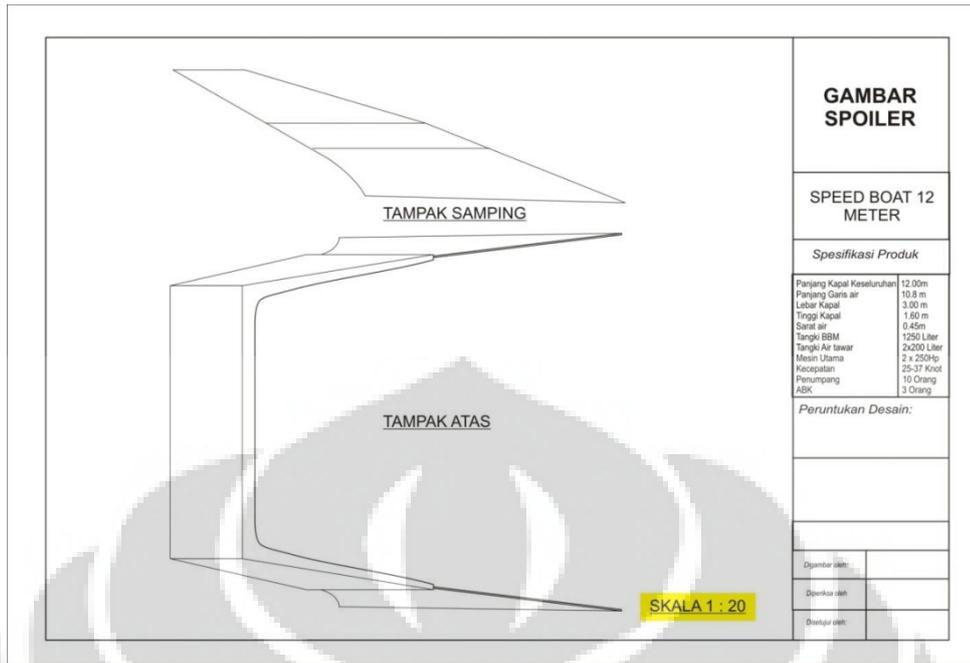
Gambar 4.27 Tempat tidur penumpang Kapal Patroli 12 m



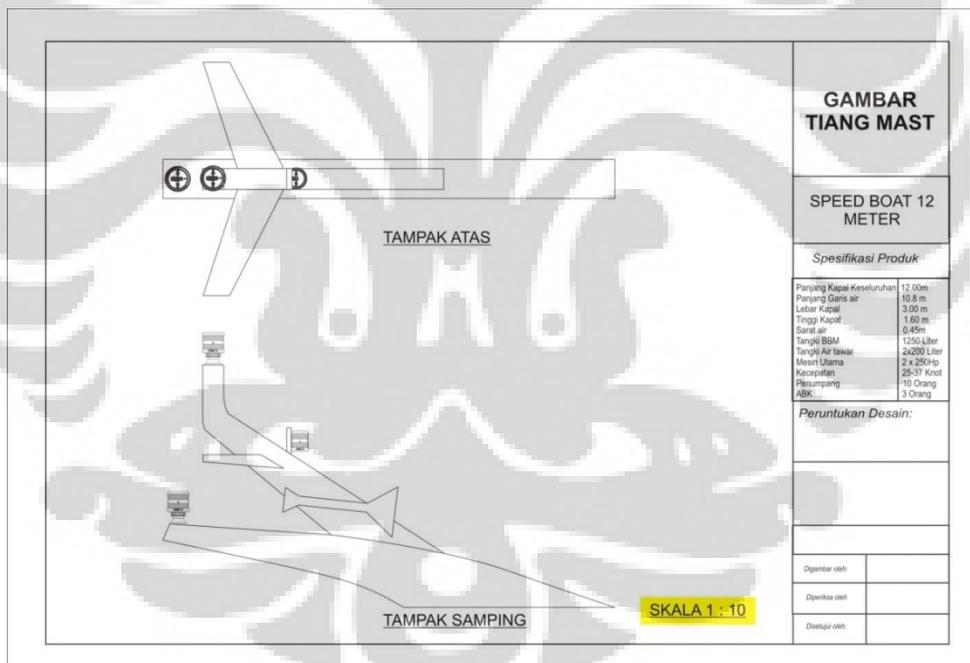
Gambar 4.28 Pintu Kapal Patroli 12 m

6	CETAK COMPONENT EXTERIOR	MAN POWER	TARGET WAKTU
	Cetak Spoiler	2 Pekerja	1 Minggu
	Cetak Tiang Mast		
	Cetak Topi		
	Cetak Tutup Penyimpanan Tali		
	Cetak Tutup Mesin		
	Cetak Bangku Belakang		

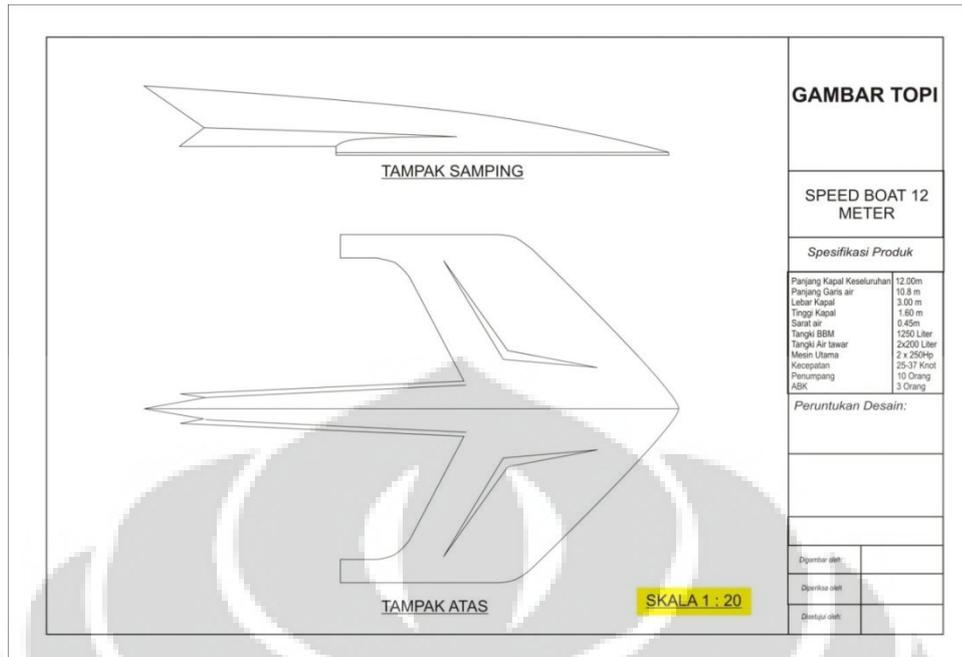
Tabel 4.6 Waktu laminasi komponen eksterior



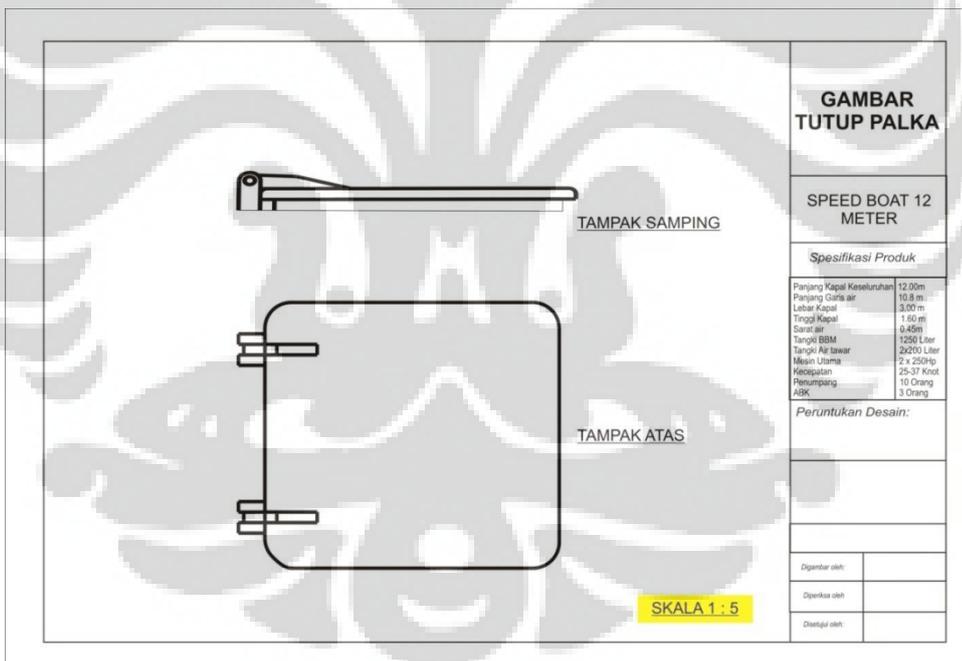
Gambar 4.29 Spoiler Kapal Patroli 12 m



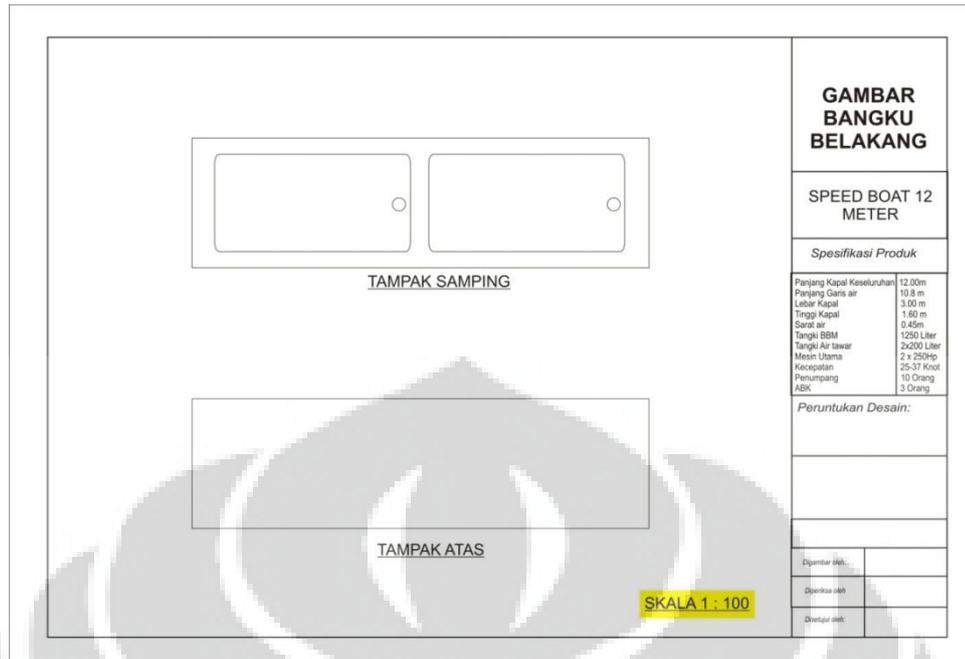
Gambar 4.30 Tiang mast Kapal Patroli 12 m



Gambar 4.31 Topi Kapal Patroli 12 m



Gambar 4.32 Tutup palkah Kapal Patroli 12 m



Gambar 4.33 Bangku belakang Kapal Patroli 12 m

7	ASSEMBLING	MAN POWER	TARGET WAKTU
	Pasang Deck 1 (Laminasi dalam)	2 Pekerja + 2 Helper	1 Minggu
	Pasang Engine		
	Pasang Tempat Tidur		
	Pasang Dashboard		
	Pasang Plafon		
	Pasang Dinding Dalam		
	Pasang List Kaca		
	Pasang Tangki		
	Pasang Lantai		
	Pasang Kursi		
	Pasang Toilet		

Tabel 4.7 Waktu assembling

8	FINISHING	MAN POWER	TARGET WAKTU
	Wind Screen	1 Pekerja + 1 Helper	1 Minggu
	Jendela		
	Dashboard		
	Kemudi		
	Sterntube		

	Sea Cock		
	Propeller		

Tabel 4.8 Waktu finishing

9	PELUNCURAN		
---	------------	--	--

Tabel 4.9 Waktu peluncuran



Gambar 4.34 Kapal Patroli 12 m

Dari semua proses pengerjaan kapal diatas, waktu yang dibutuhkan 2 bulan 3 minggu. Jika membangun kapal jenis yang sama maka waktu pengerjaan akan lebih cepat karena tidak membuat plug atau mold lagi sehingga bisa dikerjakan kurang dari 2 bulan.

Jika galangan mendapat pesanan dari owner lebih dari 1 kapal atau kapal dengan tipe yang sama dalam jumlah banyak atau lebih dari satu maka alur produksinya juga sedikit berubah dan harus direncanakan dengan baik agar tidak terjadi bentrok dalam proses produksinya. Simulasi berikutnya adalah proses pengerjaan 4 buah “Kapal Patroli 12 m” secara bersamaan:

Spesialisasi Plug	4 orang
Spesialisasi Mold, Cetak lambung	6 orang
Spesialisasi Cetak Deck - Cabin	4 orang
Spesialisasi Kelistrikan dan Permesinan	2 orang
Spesialisasi Interior dan Eksterior	8 orang
Spesialisasi Assembling dan Finishing	6 Orang

Tabel 4.10 Jumlah pekerja

Berikut ini timeline atau jadwal pembangunan 4 Kapal Patroli 12 m :



Proses	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan Plug	All	All	All	All												
Pembentukan Mold				All												
Cetak Lambung					1	2	3	4								
Cetak Deck - Cabin	1	2	3	4												
Cetak Komponen Interior	1	2	3	4												
Cetak Komponen Eksterior	1&2	3&4														
Kelistrikan, Permesinan					1	2	3	4								
Assembling					1	1	2	2	3	3	3	4	4			
Finishing (periksa sambungan, painting)							1	1		2		3		4		
Peluncuran							1	1		2		3		4		

Tabel 4.11 Lama pembangunan 4 kapal

Keterangan

1 = Kapal 1

3 = Kapal 3

2 = Kapal 2

4 = Kapal 4

Dari asumsi diatas, jadwal pembangunan 4 Kapal Patroli 12 m untuk opsi kedua selama 3 bulan 2 minggu dengan jumlah pekerja 30 orang. Waktu yang dibutuhkan membangun kapal hanya 1 atau 4 tidak terlalu mencolok karena 4 kapal bisa dikerjakan dengan bersamaan. Berikut perbandingan lama waktu pengerjaan kapal antara metode vacuum infusion dengan metode hand lay up:

	Perbandingan Lama Waktu Pengerjaan	
	Metode Vacuum Infusion	Metode Hand Lay up ⁵
1 Kapal (Patrol 12 m)	2 Bulan 3 Minggu	3 Bulan 1 Minggu
4 Kapal (Patrol 12 m)	3 Bulan 2 Minggu	4 Bulan

Tabel 4.12 Perbandingan lama waktu pengerjaan antara metode VI dan HL

Dari perbandingan diatas terlihat bahwa dengan menerapkan metode vacuum infusion waktu pengerjaan kapal akan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional seperti hand lay up. Proses produksi kapal juga dipengaruhi dari jumlah pekerja, semakin banyak pekerja yang terlibat maka proses pengerjaan akan semakin cepat. Namun, galangan juga harus memikirkan berapa jumlah pekerja yang tepat agar efisiensi produktivitas tetap terjaga. Tingkat Produktivitas juga tidak terlepas dari faktor alur material dan produksi. Jika tata letak layout galangan benar maka proses produksi bisa maksimal.

⁵ Sumber : SS Boat

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

- Penerapan metode vacuum infusion pada proses laminasi pada kapal meningkatkan efisiensi penggunaan material, kualitas dan kekuatan kapal serta berat kapal lebih ringan dibandingkan dengan menggunakan metode hand lay-up.
- Pendesainan layout galangan sesuai dengan alur produksi dan kebutuhan material sehingga efisiensi waktu produksi meningkat.
- Desain layout galangan ini memperhatikan karakteristik setiap gudang penyimpanan material sehingga tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

5.2 SARAN

- Desain galangan kapal boat ini baiknya dianalisa lebih lanjut dari aspek lainnya seperti ekonomi dan manajemen. Misalkan menjadi tugas akhir yang dapat saling mendukung untuk realisasinya.
- Desain galangan kapal boat ini sebaiknya mulai diterapkan pada galangan kapal boat nasional yang produktivitasnya masih rendah dan tidak efisien agar dapat meningkat.

DAFTAR REFERENSI

American Bureau of Shipping (ABS). (1991). *Guide for Building and Classing High-Speed Craft*. Paramus NJ : ABS.

Det Norske Veritas. (2010). *Standard for Certification of Craft*. Bærum. Det Norske Veritas.

Det Norske Veritas. (2011). *Rules for Classification of High Speed, Light Craft and Naval Surface 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.

Y, Mohd Yuhazri, Dkk. *A Comparison Process Between Vacuum Infusion and Hand Lay-Up Method Toward Kenaf/Polyester Composite*. International Journal of Basic & Applied Sciences.