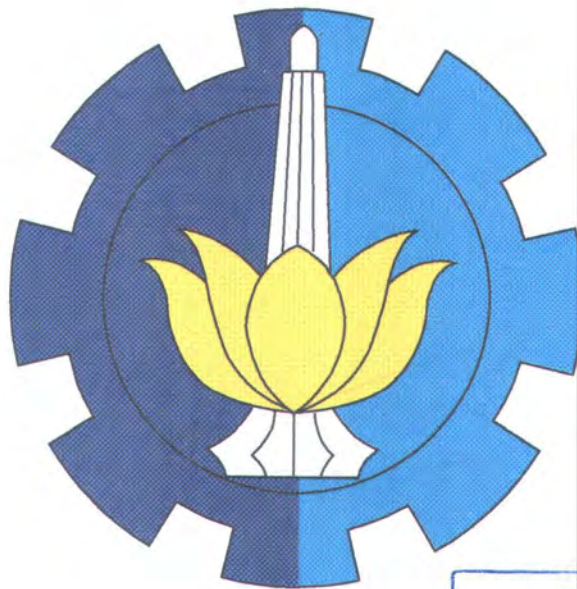


TUGAS AKHIR (NA. 1701)

**PENGGUNAAN DIVINYCELL FRP SANDWICH
CONSTRUCTION PADA SUPERSTRUCTURE
KAPAL CARAKA JAYA III**

RSPe
623.818 923
Set
P-1

1998



PERPUSTAKAAN	
ITS	
Tgl. Terima	19-11-98
Tgl. Pengemb.	H
No. Agenda Pp.	8803

OLEH :
UMI SETIATI
41 91 100 041

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA
1998**



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 43 /PT12.FTK2/M/1997

Nama Mahasiswa : Umi Setiati.....
 Nomor Pokok : 4191100041.....
 Tanggal diberikan tugas : 16. Maret. 1997.....
 Tanggal selesai tugas : 26. Juli. 1997.....
 Dosen Pembimbing : 1. Ir. Heri Supono, MSc.....
 2.

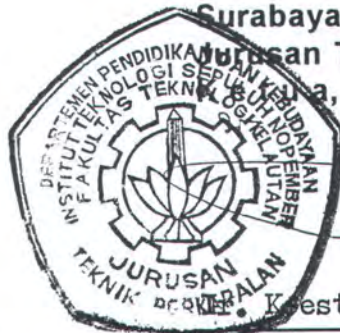
Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

PENGGUNAAN DIVINYCELL FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA SUPERSTRUCTURE CARAKA JAYA III-

sOn

Surabaya, 31 Maret 1997

Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS



Krestowo Sastro Wiyono
 NIP. 130 687 430.

Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS.
2. Yth. Dosen Pembimbing.
3. Arsip.

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR (NA. 1701)

JUDUL :

**PENGGUNAAN DIVINYCELL FRP SANDWICH CONSTRUCTION
PADA SUPERSTUCTURE CARAKA JAYA III**

OLEH :

NAMA : UMI SETIATI
NRP : 4191100041

MENYETUJUI DOSEN PEMBIMBING,



(Ir. HERI SUPOMO M,Sc)
NIP. 131 842 506



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

“ PENGGUNAAN DIVINYCELL FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA SUPERSTRUCTURE CARAKA JAYA III “

Tugas akhir ini merupakan persyaratan kurikulum untuk mencapai gelar kesarjanaan (S1) pada Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada :

1. Ytc. Kedua orang Bapak dan Ibu yang tak pernah putus berdoa buat putra-putrinya, Mbak Tari, Yoyo dan Tomo yang selalu memberikan dorongan baik moral maupun materiil selama masa kuliah sampai dengan penyusunan tugas akhir ini.
2. Yth. Ir. Koestowo, selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan, FTK-ITS.
3. Yth. Ir. Andjar S, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan, FTK-ITS.
4. Yth. Ir. Her Supomo M.Sc, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan dorongan dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teman-temanku, khususnya Nita dan keluarganya yang telah memberi dukungan dan doa, Kiki, Mas Budi, Mas Tanyo, Mas Okto dan lain-lain yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini.

6. Teman-temanku lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan doa atas terselesaikannya tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sehingga saran dan kritik yang dapat menyempurnakan tugas akhir ini sangat penulis harapkan.

Akhirnya, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat semaksimal mungkin bagi pembaca.

Sukolilo, Maret 1998

PENULIS

DAFTAR ISI

LEMBAR SURAT PENUGASAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAKSI

i

KATA PENGANTAR

ii

DAFTAR ISI

iv

BAB I PENDAHULUAN

1

1.1. Latar Belakang Masalah

1

1.2. Perumusan Masalah

2

1.3. Batasan Masalah

2

1.4. Tujuan

3

1.5. Manfaat

4

1.6. Sistematika Penulisan

4

BAB II DASAR TEORI

7

2.1. Pengenalan FRP Sandwich Construction

7

2.1.1. Tinjauan Umum

8

2.1.1.1. Resin

8

2.1.1.2. Serat Penguat

12

2.1.1.3. Bahan Pelindung

16

2.1.1.4. Lapisan Inti

19

2.1.1.5. Bahan Pengisi Lapisan Inti

23

2.2. Superstructure	24
2.2.1. Pendahuluan	25
2.2.2. Kimbul	26
2.3. Biaya Pembangunan Kapal	28
2.3.1. Pengertian Biaya	28
2.3.2. Faktor-faktor dari Biaya	29

**BAB III PENGGUNAAN DIVINICELL FRP SANDWICH CONSTRUCTION
PADA SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III**

3.1. Penggunaan Divinicell FRP sandwich Construction pada Superstructure	34
3.1.1. Fasilitas Produksi	34
3.1.2. Kebutuhan Jam Orang	37
3.1.2.1. Rencana Kebutuhan Jam Orang	38
3.1.2.2. Jam Orang Realitas	38
3.2. Perhitungan Dasar untuk Produksi	40
3.2.1. Cetakan	40
3.2.2. Laminasi	43
3.2.3. Bahan Pengisi	47
3.2.4. Bahan Pelindung	50
3.3. Perhitungan Berat Material yang Dibutuhkan	51
3.3.1. Kebutuhan Material pada Main Deck	51
3.3.2. Kebutuhan Material pada Poop Deck	52

	3.3. Kebutuhan Material pada Boat Deck	52
	3.3. Kebutuhan Material pada Bridge Deck	53
	3.3. Kebutuhan Material pada Navigation Deck	54
BAB IV	PERB. ANTARA PENGGUNAAN LOGAM DAN FRP SANDWICH PADA PEMBANGUNAN SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III	
	4.1. Perbandingan Berat Total Material yang Diperlukan	55
	4.1.1. Kebutuhan Material Baja	55
	4.1.2. Kebutuhan Material Sandwich	56
	4.2. Perbandingan Biaya yang Harus Dikeluarkan	58
BAB V	ANALISA	
	5.1. Analisa perb. Berat dan Biaya yang Dikeluarkan	61
	5.2. Pemilihan Material untuk Mendapatkan Hasil yang Baik	63
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	
	6.1. Kesimpulan	65
	6.2. Saran	67
	DAFTAR PUSTAKA	68
	LAMPIRAN	
	■ Lampiran I	69
	■ Lampiran II.A	72

■ Lampiran II.B	75
■ Lampiran III	76
■ Lampiran IV	79
■ Lampiran V	82
■ Lampiran VI	83

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR (NA. 1701)

JUDUL :

**PENGGUNAAN DIVINYCELL FRP SANDWICH CONSTRUCTION
PADA SUPERSTUCTURE CARAKA JAYA III**

OLEH :

NAMA : UMI SETIATI
NRP : 4191100041

MENYETUJUI DOSEN PEMBIMBING,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Heri Supomo', with a horizontal line underneath it.

(Ir. HERI SUPOMO M,Sc)
NIP. 131 842 506

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Material logam seperti baja dan aluminium masih banyak dipakai sebagai material utama dalam pembangunan superstructure kapal pada saat ini. Padahal ada material lain yang dapat digunakan seperti salah satunya adalah Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) dengan konstruksi sandwich.

Adapun FRP Sandwich construction terdiri dari tiga elemen atau bagian yaitu :

- Dua permukaan kulit
- Isi atau core
- Sambungan atau joints

Setiap bagiannya mempunyai fungsi tertentu yang kemudian digabungkan sehingga membentuk konstruksi sandwich. Tujuan penggunaan material-material tersebut adalah untuk mendapatkan efisiensi yang maksimum. Kedua permukaan ditempatkan terpisah pada jarak tertentu satu dengan lainnya untuk menambah momen inersia dan karenanya dapat menjadikan kekakuannya atau rigid.

Untuk memperoleh hasil secara maksimum dalam pembangunan superstructure, kita dapat membandingkan pembangunan superstructure dengan menggunakan baja secara keseluruhannya dan dengan menggunakan FRP Sandwich construction pada bagian-bagian yang memungkinkan untuk diganti.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Pada pembangunan superstructure kapal dengan menggunakan FRP Sandwich construction permasalahan yang harus diperhatikan adalah :

- Bagian-bagian mana saja yang dapat diganti dengan FRP Sandwich construction.
- Seberapa besar keuntungan yang akan diperoleh jika kita menggunakan FRP Sandwich construction.

1.3. BATASAN MASALAH

Adapun batasan-batasan masalah yang digunakan pada pengerjaan superstructure kapal dengan menggunakan FRP Sandwich construction adalah sebagai berikut :

1. Kapal yang digunakan adalah kapal Caraka Jaya Niaga III - 23 Semi Container, dengan data-data sebagai berikut :

- Ukuran utama :

Lpp : 92.15 meter

Loa : 98.00 meter

B moulded : 16.50 meter

D moulded : 7.80 meter

T moulded : 5.40 meter

- Complement sebagai berikut :

Captain class : 2 orang

Officer class	7 orang
P / Off class	8 orang
Crew class	2 orang
Cadet class	<u>2 orang</u>
Total	21 orang

- Kecepatan dinas 11.9 Knot
- Class menggunakan Klasifikasi Indonesia.
- Deadweight 3.650 M.Ton
- Main Engine MAN B&W 5S26MC ISET
MCR 2.050 PS X 207 RPM
NSR 1.740 PS X 196 RPM

2. Perhitungan total biaya pembangunan superstructure Caraka Jaya III menurut PT PAL INDONESIA.
3. Penggunaan laminate FRP dengan konfigurasi serat triaxial.
4. Perhitungan biaya material pembentuk laminate panel FRP sandwich berdasarkan harga jual dari DIAB PTY LTD. AUSTRALIA.
5. Penggunaan divynycell H grade sebagai isi atau core pada sandwich construction.

1. 4. TUJUAN

Adapun tujuan dari penggunaan FRP sandwich construction pada superstructure Caraka Jaya III adalah :



- Untuk membandingkan superstructure yang dibangun dengan material baja secara keseluruhan dan yang dibangun dengan FRP sandwich pada bagian-bagian tertentu.
- Untuk mengetahui apakah dengan FRP sandwich construction dapat mengurangi biaya dan berat material secara keseluruhan.

1.5. MANFAAT

- Diharapkan dari perbandingan antara superstructure kapal dengan baja dan dengan RP sandwich construction didapatkan pengurangan biaya dari berkurangnya :

Waktu pengerjaan.

Berat total material.

- Perawatannya atau operasionalnya lebih mudah dan murah karena tidak terjadi korosi.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi : latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat, sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Berisi :Pengenalan FRP Sandwich construction, material pembentuk FRP Sandwich, Resin, serat penguat, lapisan inti, bahan pendukung, superstructure khususnya bagian kimbul,dan biaya pembangunan kapal serta faktor-faktor biayanya.

BAB III : PENGGUNAAN FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III

Berisi : penggunaan divinycell FRP sandwich construction pada superstructure kapal Caraka Jaya III, perhitungan kebutuhan material pembangunan superstructure Caraka Jaya III, perhitungan berat total material yang diperlukan.

BAB IV : PERBANDINGAN PENGGUNAAN MATERIAL LOGAM DAN FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA PEMBANGUNAN SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III

Berisi : perbandingan berat total material yang diperlukan, perbandingan biaya yang harus dikeluarkan, pemilihan material untuk mendapatkan hasil yang maksimum.

BAB V : ANALISA

Berisi : analisa hasil perbandingan berat total material dan biaya yang dikeluarkan.

BAB VI : PENUTUP

Berisi : kesimpulan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. PENGENALAN FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC SANDWICH CONSTRUCTION

Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich merupakan komposit yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui proses pencampuran yang tidak homogen, dengan sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari proses pencampuran ini akan dihasilkan material FRP Sandwich yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Dalam proses pembuatan FRP Sandwich kita dapat dengan leluasa mengatur dan merencanakan kekuatan mekaniknya yaitu dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya.

Adapun keuntungan memakai FRP Sandwich untuk konstruksi kapal yaitu :

1. Kekuatan yang tinggi. FRP sandwich memiliki perbandingan yang kekuatan tarik, kekuatan lengkung, dan kekuatan berat yang sangat tinggi. Material yang ringan tetapi memiliki kekuatan yang tinggi adalah alasan utama mengapa material ini dipakai untuk konstruksi kapal .
2. Ketahanan terhadap keretakan kelelahan dan korosi yang sangat tinggi. Dengan karakteristik ini maka pemakaian FRP Sandwich untuk material bangunan kapal akan lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan material logam.

3. Kestabilan bentuk yang baik, dimana laminate kulit FRP Sandwich yang telah melalui proses *curing* (proses perubahan sifat fisis material resin dari kondisi cair ke kondisi padat) yang sempurna, kestabilan bentuknya akan tinggi sekali.

Dalam hal ini kestabilan bentuk shell laminate FRP Sandwich juga dipengaruhi oleh kandungan serat penguat (*fibreglass reinforcement*) maka koefisien muai panas dan kontraksi akan semakin berkurang sehingga bentuk akan tetap terjaga.

1. Flexibel dalam perancangan. Dalam hal ini karakteristik struktur laminate kulit FRP Sandwich dapat kita rencanakan sesuai dengan kondisi pembebanan yang mungkin akan diterima konstruksi serta mudah dibentuk sesuai dengan bentuk badan kapal.
2. Biaya material dan proses produksi pembangunan kapal lebih murah jika dibandingkan dengan material aluminium.
3. Biaya operasional lebih murah karena biaya pemeliharaan kerusakan material akibat korosi dan retak lelah dapat dikurangi. Pemakaian bahan bakar menjadi lebih sedikit karena bobot kapal menjadi ringan dibandingkan dengan material logam.
4. Biaya investasi peralatan yang relatif rendah. Peralatan yang diperlukan untuk pembangunan kapal dengan material FRP Sandwich lebih murah jika dibandingkan dengan peralatan yang diperlukan untuk pembangunan kapal

yang sama dengan material logam, sehingga dengan material FRP Sandwich dapat dibangun dengan dana yang relatif kecil.

2. 2. MATERIAL PEMBENTUK FRP SANDWICH

Komposisi FRP Sandwich dibentuk dari tiga jenis material yang berbeda serta bahan pendukung yaitu :

1. Resin, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan tarik dan rigiditas yang lebih rendah.
2. Serat penguat, merupakan serat yang memiliki sifat getas tetapi rigiditas dan kekuatan tarik yang sangat tinggi.
3. Bahan pendukung, yaitu bahan yang ditambahkan untuk membantu proses pembuatan laminate FRP Sandwich.
4. Lapisan inti.

2.2.1. Resin

Resin merupakan material pengikat serat penguat yang mempunyai kekuatan tarik serta kekakuan lebih rendah dibandingkan serat penguatnya. Ada beberapa jenis resin antara lain :

1. *Polyester (Orthophthalic)*, resin type ini sangat tahan terhadap proses korosi air laut dan asam encer. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Masa jenis : 1.23 gr / cm^3
- Modulus Young : 3.2 GPa

- Angka Poisson : 0.36
- Kekuatan tarik : 65 MPa

2. *Polyester (Isophthalic)*, resin type ini tahan terhadap panas dan larutan asam dan kekerasannya lebih tinggi serta kemampuan menahan resapan air (*adhesion*) yang paling baik dibandingkan dengan resin type *ortho*.

Penggunaan resin type ini hanya pada kondisi tertentu. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa jenis : 1.21 gr / cm³
- Modulus Young : 3.6 GPa
- Angka Poisson : 0.36
- Kekuatan tarik : 60 MPa

3. *Epoxy*, resin type ini mampu menahan resapan air (*adhesion*) sangat baik dan kekuatan mekanik yang paling tinggi. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa jenis : 1.20 gr / cm³
- Modulus Young : 3.2 GPa
- Angka Poisson : 0.37
- Kekuatan tarik : 85 MPa

4. *Vinyl Esther*, resin type ini mempunyai ketahanan terhadap larutan kimia (*chemical resistance*) yang paling unggul. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa jenis : 1.12 gr / cm³
- Modulus Young : 3.4 GPa
- Kekuatan tarik : 83 MPa

5. Resin type *Phenolic*, resin tipe ini tahan terhadap larutan asam dan larutan alkali. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut :

- Masa jenis : 1.15 gr / cm³
- Modulus Young : 3.0 GPa
- Kekuatan tarik : 50 MPa

Adapun jenis resin yang umum dipakai untuk bangunan kapal adalah type orthophthalic poliester resin. Resin tipe ini harganya murah dibandingkan dengan yang lainnya, dan tahan terhadap proses korosi yang disebabkan oleh air laut sehingga sangat cocok untuk material bangunan kapal. Dengan sifat ini, kerusakan yang disebabkan oleh korosi dapat dihindari sehingga biaya perawatan untuk kulit lambung dari material ini lebih murah jika dibandingkan dengan biaya perawatan kulit lambung dari material logam maupun kayu.

Resin poliester memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan.

Keunggulan resin poliester adalah sebagai berikut :

1. Viskositas yang rendah sehingga mempermudah proses pembasahan atau pengisian celah antara pada serat penguat .
2. Harganya relatif lebih murah.
3. Ketahanan terhadap lingkungan korosif sangat baik kecuali pada larutan alkali.

Sedangkan kelemahannya adalah :

1. Pada saat pengeringan terjadi penyusutan dan terjadi kenaikan temperatur sehingga lamina menjadi getas. Hal ini biasa disebabkan oleh penambahan katalis dan accelerator yang berlebih sehingga waktu *curing* menjadi lebih cepat.
2. Mudah terjadi cacat permukaan atau goresan.
3. Mudah terbakar.

Resin tipe ini termasuk *thermosetting plastic* yaitu proses perubahan sifat fisis dari bentuk cairan menjadi bentuk padat (*polymerization*) melalui proses panas. Proses perubahan bentuk resin polyester ini dapat terjadi karena proses panas yang dihasilkan dari resin polyester itu sendiri (*exothermic head*) dan juga bisa dipengaruhi pemberian panas dari lingkungan luar atau penggabungan keduanya. Proses kimia dari dalam resin adalah penambahan zat atau bahan katalis yang menimbulkan reaksi kimia awal dan accelerator untuk mempercepat proses polimerisasi pada larutan resin

polyester. Resin polyester juga dapat berubah dari bentuk cair menjadi bentuk padat karena pengaruh lingkungan luar yang berlangsung secara menerus dan dalam jangka waktu yang lama, untuk mencegah proses ini biasanya kedalam larutan polyester tersebut ditambahkan zat *inhibitor*.

2.2.2. Serat Penguat (*Fibreglass Reinforcement*)

Serat penguat merupakan serat gelas yang memiliki kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi serta modulus elastisitas yang cukup tinggi. Adapun fungsi dari serat penguat adalah :

- Meningkatkan kekuatan tarik dan kekakuan lengkung.
- Mempertinggi kekuatan tumbuk.
- Meningkatkan ratio kekuatan terhadap berat
- Menjaga atau mempertahankan kestabilan bentuk.

Ada beberapa jenis serat penguat antara lain :

1. Serat E - glass (*Electrical Glass*), adapun data teknis serat gelas adalah sebagai berikut :

- Masa jenis : 2.55 gr / cm³
- Modulus Young : 72 GPa
- Angka Poisson : 0.2
- Kekuatan tarik : 2.4 GPa

2. Serat S2 - glass (*Strength glass*)

- Masa jenis : 2.50 gr / cm³
- Modulus Young : 88 GPa
- Angka Poisson : 0.2
- Kekuatan tarik : 3.4 GPa

3. *High strength carbon*

- Masa jenis : 1.74 - 1.81 gr / cm³
- Modulus Young : 248 - 345 GPa
- Kekuatan tarik : 3.1 - 4.5 GPa

4. *Amirad (Kevlar 49)*

- Masa jenis : 1.45 gr / cm³
- Modulus Young : 124 GPa
- Kekuatan tarik : 2.8 GPa

Serat penguat yang sering digunakan untuk bangunan kapal adalah jenis E - glass (*Electrical glass*), jenis serat penguat *high strength carbon* hanya digunakan untuk keperluan khusus yaitu untuk mempertinggi kekakuan, dalam hal ini untuk mempertinggi ketahanan tembakan pada daerah kritis dilambung atau bangunan atas, sedangkan jenis serat S2 - *glass* banyak digunakan untuk konstruksi pesawat, adapun jenis Amirad memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi yang dipakai sebagai serat penguat pada matriks

mettalic atau ceramic dan dianjurkan digunakan untuk mempertinggi ketahanan tembak.

Serat penguat yang umum dipakai untuk bangunan kapal terdiri dari beberapa jenis menurut bentuk dan konfigurasi serat penguat. Adapun jenis serat penguat gelas tersebut adalah sebagai berikut :

Jenis Chopped Strand Mat, dalam pemakaian di industri yang sering disebut Mat atau Matto, berupa potongan-potongan serat fibreglass sepanjang 0.25 - 2 inch yang disusun secara acak dan dibentuk menjadi suatu lembaran. Jenis ini merupakan serat penguat dengan konfigurasi serat acak dan merupakan serat penguat tidak menerus, serat penguat yang digunakan yaitu E - glass. Pada proses pembuatan lamina, perbandingan antara berat serat chopped strand mat dengan resin adalah sekitar 25 -35 % chopped strand mat dan 65 - 75 % resin polyester. Lamina chopped strand mat ini biasa digunakan sebagai lapisan pengikat antaranya supaya tidak terjadi proses slip pada proses pembuatan lamina berikutnya (lamina serat *woven roving* atau serat *triaxial*). Juga sering dipasang sebagai lamina pertama dan yang terakhir dengan tujuan supaya laminate kulit paling luar dan paling dalam menjadi lebih halus.

Dalam pemakaian sehari-hari dan yang umum digunakan sebagai bangunan kapal, serat chopped strand mat terdiri dari :

a). Chopped strand mat 300 gram / m² (mat 300) dengan data teknis

sebagai berikut :

- Berat spesifik (W / m^2)_f : 300 gram / m²
- Kekuatan tarik (σ_{uf}) : 213 Mpa

- Modulus elastisitas (E_f) : 16 GPa
- Angka Poisson (ν_f) : 0.2

b). Chopped strand mat 450 gram / m² (mat 450) dengan data teknis sebagai berikut :

- Berat spesifik (W / m^2)_f : 450 gram / m²
- Kekuatan tarik (σ_{uf}) : 213 MPa
- Modulus elastisitas (E_f) : 16 GPa
- Angka Poisson (ν_f) : 0.2

2. Jenis *Woven roving* merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang saling tegak lurus. Pada proses pembuatan lamina, perbandingan berat antara woven roving dan resin adalah sekitar 45 - 50 % untuk serat woven roving dan 50 - 55 % untuk resin polyester dari fraksi berat, untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai komposisi 50 % serat woven roving dan 50% resin polyester dalam suatu lamina. Lamina woven roving ini biasanya digunakan sebagai lamina utama yang memberikan kekuatan tarik dan kekuatan lengkung lebih tinggi dibandingkan lamina chopped strand mat. Dalam proses pembuatan lamina serat woven roving lebih sulit untuk dibasahi dengan resin dan kadang larutan resin relatif sulit untuk mengisi celah anyaman serat woven roving. Dengan kandungan resin polyester yang relatif lebih

sedikit dibanding lamina chopped strand mat maka lamina woven roving ini mempunyai ketahanan terhadap resapan air yang kurang baik. Untuk memperbaiki kondisi ini maka biasanya lamina serat woven roving dilapisi lagi dengan dua lamina serat chopped strand mat pada lapisan terluar yang memiliki kandungan resin polyester yang relatif lebih banyak. Dalam pemakaian sehari-hari dan yang umum digunakan untuk bangunan kapal yaitu terdiri dari :

a). Woven roving 400 gram / m² (WR 400) dengan data teknis sebagai berikut :

- Berat spesifik (W / m^2)_f : 400 gram / m²
- Kekuatan tarik (σ_{uf}) : 213 MPa
- Modulus elastisitas (E_f) : 16 GPa
- Angka Poisson (ν_f) : 0.2

b), Woven roving 600 gram / m² (WR 600) dengan data teknis sebagai berikut :

- Berat spesifik (W / m^2)_f : 600 gram / m²
- Kekuatan tarik (σ_{uf}) : 512 MPa
- Modulus elastisitas (E_f) : 38.5 GPa
- Angka Poisson (ν_f) : 0.2

c). Woven roving 800 gram / m² (WR 800) dengan data teknis sebagai berikut :

- Berat spesifik (W / m^2)_f : 800 gram / m²
- Kekuatan tarik (σ_{uf}) : 512 MPa
- Modulus elastisitas (E_f) : 38.5 GPa
- Angka Poisson (ν_f) : 0.2

Jenis triaxial merupakan serat penguat menerus (*continuous fibre reinforced*) dengan konfigurasi serat penguat terdiri dari tiga layer yaitu arah layer pertama 45⁰ terhadap prinsipal axis dan layer kedua 0⁰ terhadap prinsipal axis serta arah layer ketiga -45⁰ terhadap prinsipal axis. Pada proses pembuatan lamina perbandingan berat antara serat triaxial dengan resin yang digunakan adalah sekitar 45 - 50 % untuk serat triaxial dan 50 -65 % untuk resin polyester dari fraksi berat, namun untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai komposisi 50 % serat triaxial dan 50 % resin polyester dalam suatu lamina. Lamina serat triaxial ini digunakan sebagai lamina utama yang memberikan kekuatan tarik dan kekuatan lengkung yang lebih tinggi dibandingkan dengan lamina woven roving, dengan data teknis sebagai berikut :

- Berat spesifik (W / m^2)_f : 1200 gram / m²
- Kekuatan tarik (σ_{uf}) : 820 MPa
- Modulus elastisitas (E_f) : 61.5 GPa
- Angka Poisson (ν_f) : 0.2

2.2.3. Bahan Pendukung

Dalam proses pembuatan lamina ada beberapa material pendukung yang berpengaruh terhadap karakteristik lamina kulit FRP Sandwich. Kita perlu mengetahui fungsi, komposisi dan pengaruh dari masing-masing bahan pendukung tersebut diantaranya :

- Katalis (*Catalyst*) adalah bahan pendukung yang berfungsi untuk memulai proses awal perubahan bentuk resin dari bentuk cairan menjadi bentuk padat (*Polymerization*) pada temperatur kamar (27° Celcius). Umumnya pemberian katalis ini adalah sekitar 0.5 - 4 % dari fraksi volume resin. Misalnya pemberian katalis 2 % maka resin akan mengalami proses perubahan dari cairan ke bentuk agar (gel) sekitar 15 menit pada suhu 27°C . Katalis yang umum dipakai untuk polyester resin adalah *methyl ethyl ketone peroxide*.

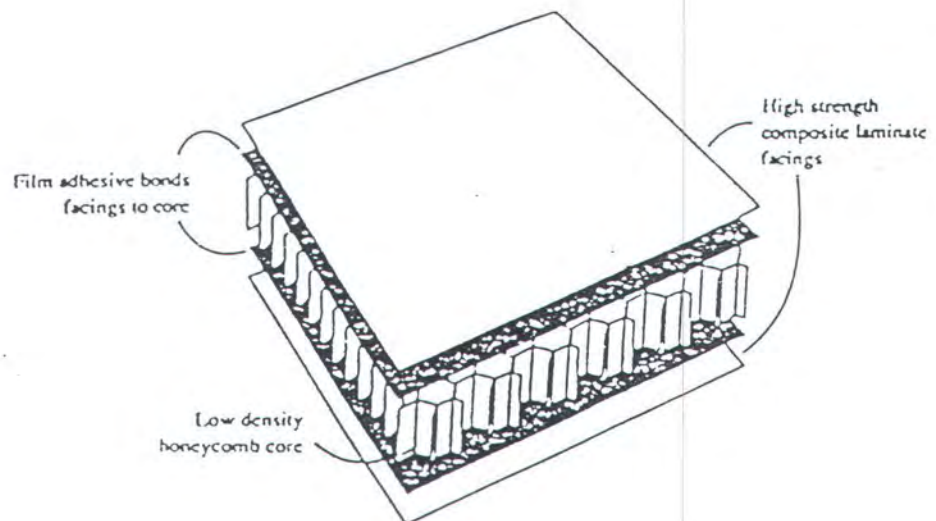
Accelerator (promotor) adalah bahan pendukung yang berfungsi supaya katalis dan polyester resin dapat berpolimerisasi pada temperatur kamar dengan waktu relatif lebih cepat, dalam hal ini proses polimerisasi terjadi tanpa adanya pemberian panas dari luar. Adapun promotor ini berbentuk cairan dengan warna biru keunguan, penambahan promotor ini paling tinggi 1 % dari fraksi volume resin polyester. Promotor yang sering digunakan adalah *cobalt naphthenate*. Untuk bangunan kapal promotor biasanya sudah langsung dicampur pada resin polyester (diproses oleh produsen resin) misalnya pada polyester resin SHCP 268 BQTN dan Yukalac 157 BQTN - EX.

- Sterin (*styrene Monomer*) adalah merupakan bahan pendukung berupa cairan encer bening tidak berwarna yang berfungsi untuk mengencerkan. Adapun penambahan sterin ini adalah sekitar 35 -40 % dari fraksi volume resin.
- *Gel Coat* termasuk salah satu jenis resin polyester dan fungsi utamanya yaitu sebagai lapisan pelindung laminate kulit, lapisan gel coat ini merupakan lapisan terluar dari laminate kulit maka sebaiknya resin gel coat mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap pengaruh cuaca atau lingkungan luar. Pada lapisan luar gel coat ini diberi zat pewarna (*pigment*) dan pemberian campuran zat pawarna tidak boleh lebih dari 15 % dari resin gel coat dengan ketebalan maksimum 15 μ dan merupakan permukaan yang berhubungan dengan cetakan (*mould*) saat proses pembuatan laminate.
- Lapisan pelepas (*Mould Release*) merupakan lapisan yang berfungsi untuk mencegah laminate Fibreglass Reinforced Plastics (FRP) lengket dengan cetakan. Mould release yang umum dipergunakan yaitu mould release wax (misalnya mirror glaze).

2.2.4. Lapisan Inti

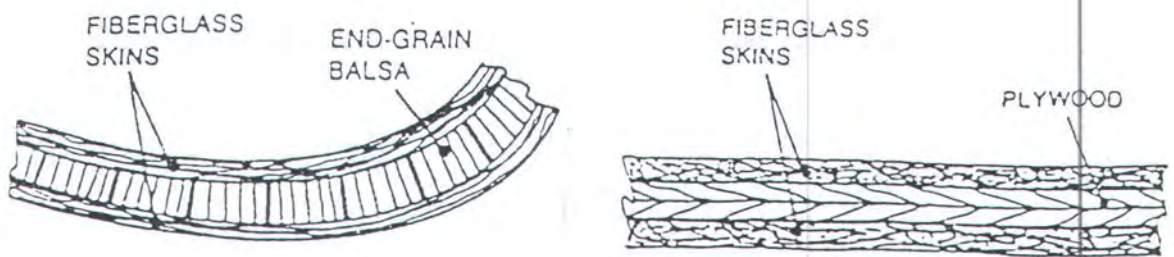
Lapisan inti adalah lapisan pengisi yang merupakan bagian dari struktur panel FRP Sandwich. Ada beberapa lapisan inti yang sering digunakan antara lain

- *Honeycomb Cell Paper* merupakan lapisan pengisi diantara dua laminate kulit fibreglass dan diantara laminate kulit tersebut dibatasi oleh lapisan tipis adhesive film (gambar 2.1). *Honeycomb Cell Paper* ini umumnya terbuat dari aluminium sehingga sangat ringan, namun ketahanan terhadap pengaruh lingkungan korosif sangat rendah sehingga kerusakan akibat korosi sangat dominan.



Gambar 2. 1. Honeycomb Cell Paper

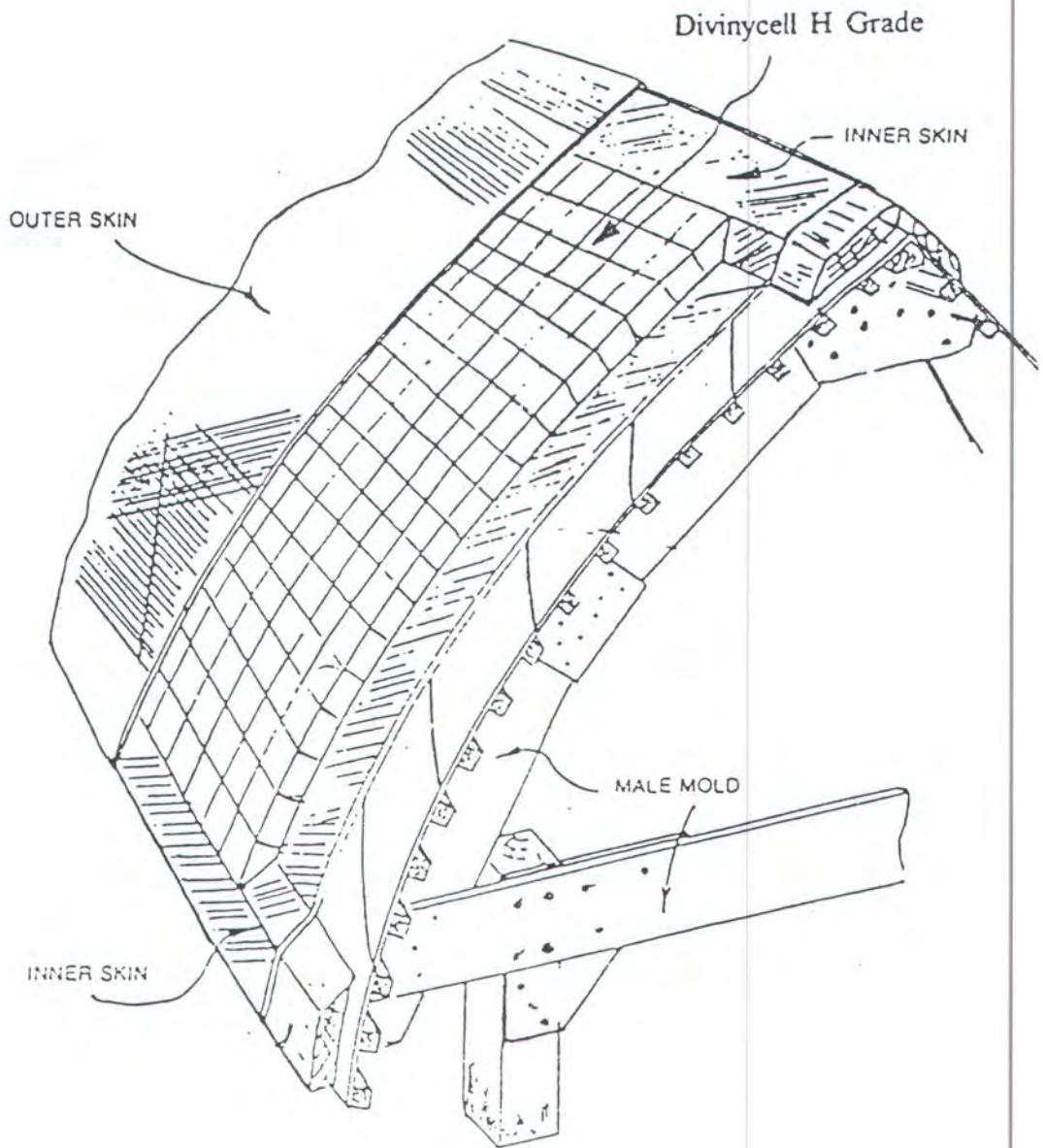
- Kayu balsa dan plywood merupakan pengisi yang umumnya digunakan pada bagian deck dan bangunan atas dari kapal (gambar 2.2), kerusakan yang sering dialami yaitu proses pelapukan kayu.



Gambar 2. 2. Kayu Balsa dan Plywood sebagai lapisan inti

- *Foamed Plastics (Hard Plastic Foams)*, foamed plastic yang sering dipakai adalah polystyrene, polyurethane dan polyvinyl chloride (PVC), material tersebut berbentuk foam (gabus) dengan berbagai variasi masa jenis. Polysterene memiliki kemampuan menahan resapan air yang kurang baik, mudah lapuk (*decay*) dan ketahanan tumbuk sangat rendah serta rentan terhadap pengaruh temperatur rendah dalam hal ini tidak bisa digunakan pada temperatur kurang dari -4° C. Harga dari *polysterene* ini sangat murah. *Polyurethane* memiliki kemampuan menahan resapan air, ketahanan terhadap

proses pelapukan dan ketahanan tumbuk lebih baik dibanding polysterene. *Polyvinyl Chloride (PVC)* merupakan foamed plastic yang memiliki keunggulan yang paling baik yaitu tahan terhadap lingkungan korosif, ringan serta kemampuan menahan resapan air yang sangat tinggi, sehingga sangat cocok untuk bangunan kapal. Salah satu contoh dari material ini yaitu *Divinycell H Grade* buatan Barracuda Technologies, USA dimana material ini bisa digunakan pada temperatur - 200^o C s/d 70^o C, adapun data teknis lainnya terdapat pada lampiran. Material Divinycell ini akan digunakan sebagai lapisan inti yang akan dianalisa untuk struktur laminate Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich sesuai dengan persyaratan klasifikasi *Det Norske Veritas (DNV)* Norwegia. Divinycell ini terdiri dari dua tipe yaitu *plate score* dan *grade score*, dimana *plate score* ini berupa lembaran divinycell menerus seperti plat datar sedangkan *grade score* berupa lembaran *divinycell* dengan potongan celah yang saling tegak lurus, tujuan dari pemberian celah pada lembaran divinycell ini yaitu untuk memudahkan lembaran divinycell mengikuti bentuk badan kapal (gambar 2.3).



Gambar 2. 3. Divinycell H Grade

2.2.5. Bahan Pengisian Lapisan Inti

Bahan pengisi celah pada divinycell tipe grade score yang umum dipakai adalah divilette. Divilette yang dipakai untuk bangunan kapal yaitu divilette 600 dengan data teknis sebagai berikut :

- Kekuatan tarik : 10 MPa
- Modulus elastisitas : 1000 MPa
- Water absorbtion : 80 mg
- Elongation at break : 3 %
- Linear shrinkage : 1.2 %

Adapun data lebih lanjut divilette 600 ini terdapat pada lampiran.

2. 3. SUPERSTRUCTURE

2. 3. 1. Pendahuluan

Diatas geladak menerus yang teratas pada suatu kapal biasanya terdapat bangunan yang digunakan untuk ruang akomodasi, ruang kemudi dan gudang atau untuk menempatkan peralatan-peralatan dan sebagainya. Bangunan ini ditinjau dari segi konstruksinya dibedakan dalam beberapa macam-macam, yaitu :

- Bangunan atas
- Bangunan atas ringan
- Rumah geladak

Bangunan atas dari bangunan atas ringan adalah bangunan yang terletak diatas geladak utama atau diatas geladak atau diatas geladak menerus

teratas (*upperdeck*), dimana lebarnya sama dengan lebar kapal, dinding sisinya merupakan penerusan dinding lambung kapal.

Menurut BKI Sec. 16. A. 1. 4. bangunan atas yang terletak diluar 0.4 L dari tengah kapal atau yang panjangnya kurang dari 0.15 L atau panjang kurang dari 12 m dianggap sebagai bangunan atas ringan. Sec. 16. A. 1. 2. bangunan atas upperdeck yang dinding sisinya terletak lebih dari 1.6 kali jarak gading dari lambung kapal dianggap sebagai rumah geladak. Rumah geladak adalah semua bangunan yang terletak diatas bangunan atas dimana lebarnya lebih kecil dari lebar kapal.

Bangunan atas yang terletak dibelakang kapal disebut kimbul, yang terletak ditengah disebut disebut anjungan dan yang terletak dibagian depan disebut akil. Dari ketentuan diatas maka yang termasuk dalam kategori bangunan atas penuh

adalah anjungan. Pada BKI Sec. 16. A. 1. 3. untuk bangunan atas yang terletak pada 0.4 L ditengah kapal dan panjangnya lebih dari 0.15 L dinding sisinya diperlakukan sama dengan dinding sisi kapal dan geladaknya dianggap sama dengan geladak kekuatan kapal. Dalam perhitungan kekuatan kapal maka bangunan atas diperhitungkan sebagai komponen yang menambah kekuatan memanjang kapal.

2. 3. 2. **Kimbul**

Kimbul terdapat pada bagian yang paling belakang dari geladak utama, seperti juga akil, lebarnya dari tepi kiri sampai tepi kanan kapal, ukuran kimbul tergantung dari ukuran kapal dan keinginan pemilik mengenai akomodasi awak kapal. Dibelakang rumah geladak ini biasanya terdapat *warping winch* serta peralatan tunda dan tambat lainnya. Dibawah mesin-mesin ini juga diperlukan tambahan-tambahan penegar dibawah geladak. Untuk perhitungan ukuran ketebalan plat sisi, deck, gading-gading penegar dan lain-lain ada BKI Sec.16. B-D.

Rumah geladak dengan konstruksi ringan, tidak menambah kekuatan kapal, tetapi hanya dimaksudkan sehingga penyangga beban-beban setempat. Komponen kekuatan memanjang adalah penumpu geladak yang dihubungkan dengan selubung kamar mesin. Pada dudukan sekoci dan *winch* nya, dimana mungkin timbul beban setempat yang cukup besar diberikan tambahan penegar. Gading besar dengan jarak antara kurang lebih 9 m dipasang untuk penguat sisi rumah geladak yang kadang-kadang cukup panjang. Pemasangan penegar keplat sekat depan dan plat sisi harus diperhatikan, ujung atasnya dihubungkan dengan balok geladak memakai bracket kecil dan ujung bawahnya dilaskan ke plat geladak, dengan memberikan lubang yang cukup besar disisi plat guna penyaluran air. Karna adalah lubang jendela, kadang-kadang penegar harus dipotong, dalam hal ini diberikan kompensasi dengan pemasangan penegar mendatar diatas dan dibawah lubang.

Lantai kabin diberikan lapisan dasar guna pemasangan tegel, karpet atau lapisan linoleum. Bagian geladak yang terbuka seringkali dilapisi kayu. Harus diusahakan untuk memungkinkan pembersihan air disegala tempat, terutama dapur, tempat cuci-tangan (*lavatory*), tempat-tempat terbuka pada geladak yang biasanya dilapisi kayu.

Penyangga-penyangga untuk geladak sekoci terdiri dari gading-gading besar dengan jarak antara yang lebar, gading-gading ini harus mampu menyangga berat dewi-dewi dan sekoci, besar beban inimemcapai 4 sampai 5 ton untuk tiap gading besar. Akibat gerakan rolling dari kapal, maka biasanya beban ini dilipat-duakan guna memperhitungkan beban buckling, menjadi sekitar 9 ton. Gading besar ini biasanya dibuat dari plat baja dengan profil bulat pejal atau plat bilah yang dilaskan sebagai bilah hadap.

Ruang kemudi sendiri terdiri dari suatu ruangan tertutup yang dilengkapi dengan hampir semua peralatan navigasi, tepat diluar *whell house*, sebelah kiri dan kanan terdapat *Bridge wings* yang menjorok 1-2 meter sampai kesisi kapal. Dengan demikian diperoleh pandangan yang seluas mungkin selama berlayar. Diatas rumah geladak terdapat top deck guna menempatkan cerobong (*funnel*), fan engine untuk ventilasi, standart kompas dan tiang radar, yang semuanya memerlukan tumpuan (landasan yang efektif).

2. 3. BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL

2 .3.1. Pengertian biaya

Biaya adalah biaya pengorbanan sumber ekonomi untuk mencapai tujuan tertentu yang dinilai atau diukur dalam satuan uang. Atau dengan kata lain biaya adalah jumlah yang diukur dalam satuan uang, yaitu pengeluaran dalam bentuk pemindahan kekayaan, jasa-jasa yang diberikan atau kewajiban-kewajiban yang ditimbulkan dalam hubungannya dengan barang atau jasa yang diperoleh.

Sarana Sukirno dalam “ Pengantar Teori Ekonomi Makro “ mengemukakan batasannya secara lebih jelas. Ongkos produksi dapat didefinisikan sebagai semua pengeluaran dalam bentuk yang dilakukan oleh perusahaan untuk memperoleh faktor-faktor produksi dan bahan mentah yang akan digunakan untuk menciptakan barang-barang yang diproduksi oleh perusahaan tersebut.

Ongkos merupakan pengorbanan yang harus dibuat dalam setiap peristiwa transaksi penghasilan. Ongkos yang diukur menurut perbandingannya dengan pengeluaran barang atau jasa yang diperhitungkan terhadap penghasilan untuk menentukan pendapatan.

Perhitungan biaya produksi tersebut digunakan untuk mencapai tujuan-tujuan antara lain :

- a. Penentuan biaya merupakan hasil dari perhitungan biaya-biaya serta pengeluaran-pengeluaran dari usaha yang tercatat, diklasifikasikan pada berbagai pekerjaan, bagian-bagian produksi ataupun jasa.
- b. Biaya bagi penetapan harga, apabila suatu harga dari biaya-biaya telah ditetapkan, informasi dapat digunakan sebagai petunjuk bagi penentuan untuk harga produk.
- c. Untuk pengendalian biaya, dari perhitungan-perhitungan biaya tersebut salah satu sasarannya adalah untuk pengendalian pengeluaran-pengeluaran yang menuju pada efisiensi pendayagunaan tenaga kerja, bahan-bahan peralatan kerja yang digunakan dan produktifitas secara keseluruhan. Efisiensi ini sangat penting untuk menghasilkan produk (kuantitas dan kualitas) secara hemat yang akan mampu bersaing dan mendapatkan keuntungan.

2. 3. 2. **Faktor - Faktor dari Biaya**

Biaya produksi ini secara umum dibagi dalam beberapa faktor-faktor biaya yaitu :

- a. Biaya bahan (material).
- b. Biaya jasa pengerjaan.
- c. Biaya over head.
- d. Profit / keuntungan

a. Biaya bahan atau material

Biaya bahan merupakan biaya bagi bahan-bahan yang digunakan dalam proses produksi untuk mewujudkan suatu macam produk jadi yang siap untuk dipasarkan, atau siap diserahkan kepada pemesan.

Dalam industri perkapalan, biaya bahan langsung ini terdiri dari 3 macam yaitu :

- Material pokok yang dimaksud adalah material-material yang mengalami proses pengerjaan pada saat proses produksi dilaksanakan dan merupakan komponen utama dari struktur kapal. Material ini sering disebut sebagai raw material, seperti plat, porfil, mur-baut, cat, pipa, kabel dan lain-lain.
- Suku cadang yang dimaksud adalah material yang melengkapi hasil produksi dan tidak mengalami perubahan, antara lain : main engine, generator, mesin jangkar, distributing board, spare part mesin/Istrik dan lain-lain.
- Material bantu yang dimaksud adalah material yang digunakan untuk menunjang terlaksananya proses pengerjaan pembangunan kapal dan tidak merupakan bagian dari struktur kapal nantinya, antara lain : minyak pelumas, bahan bakar, oksigen dan lain-lain.

Dalam membangun suatu kapal, keperluan akan meterial yaitu plat, profil dan lain-lain, merupakan suatu kebutuhan yang harus ada. Material plat

merupakan kebutuhan yang banyak untuk membangun suatu kapal, sehingga besar kecilnya kebutuhan material tersebut dapat mempengaruhi akan biaya produksi nantinya.

Untuk tidak terjadinya keterlambatan dalam pembangunan suatu kapal, maka material harus diperhitungkan dengan baik dan sudah tersedia pada waktu yang akan digunakan. Kelambatan tersebut juga akan mempengaruhi dari pada harga kapal tersebut atau berpengaruh terhadap biaya produksi dan juga waktu penyelesaiannya.

b. Biaya jasa pengerjaan

Biaya jasa pengerjaan adalah merupakan biaya tenaga kerja yang diperlukan atau digunakan untuk mengerjakan secara langsung kegiatan-kegiatan pada suatu proyek pembangunan kapal.

Besarnya jumlah tenaga kerja yang diperlukan pada suatu perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan dapat dinyatakan berdasarkan pemakaian jam orang. Sedangkan pengertian jam orang adalah kemampuan tenaga kerja langsung dalam menyelesaikan pekerjaan tertentu dalam waktu satu jam setiap satu orang. Besar kecilnya pemakaian jam orang yang terserap dalam pembangunan suatu kapal akan mempengaruhi dari biaya produksi tersebut.

Berdasarkan fungsinya, tenaga kerja dapat digolongkan menjadi dua yaitu :

■ Tenaga kerja langsung

Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja atau orang yang ikut terlibat secara langsung dalam suatu proyek pembangunan kapal atau tenaga kerja

yang secara langsung menangani pengerjaan material yang merupakan komponen kapal.

Pekerjaan ini dilakukan dibengkel-bengkel maupun di building berth, seperti tukang plat , tukang kayu, tukang las, tukang listrik, tukang mesin dan lain-lain.

■ Tenaga kerja tak langsung

Tenaga kerja tak langsung adalah tenaga kerja atau orang-orang yang tidak ikut terlibat langsung pada suatu proyek pembangunan kapal akan tetapi juga sangat diperlukan oleh galangan kapal, seperti direktur, manajer, administrasi perusahaan dan sebagainya.

c. Biaya over head

Biaya over head merupakan biaya yang tidak langsung terlibat dalam penanganan produksi tetapi diperlukan karena untuk menjamin kelangsungan proses produksi.

Biaya produksi yang termasuk dalam biaya over head ini dikelompokkan dalam beberapa komponen biaya, antara lain :

1. Biaya Umum Admnistrasi dan Garansi

Fungsi dari admnistrasi umum erat hubungannya dengan penetapan pilicy pimpinan, perencanaan dan pengendalian dalam proses produksi. Sedangkan garansimerupakan komponen biaya over head yang dialokasikan sebagai jaminan kerusakan yang terjadi pada batas waktu tertentu.

2. Biaya Training ABK

Merupakan biaya traning untuk awak kapal dalam menggunakan peralatan-peralatan yang ada di kapal yang berhubungan dengan masalah teknis pengoperasian kapal.

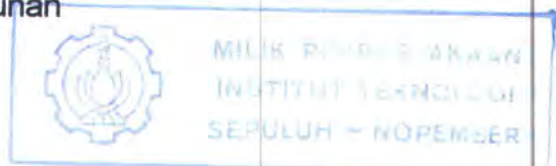
3. Biaya Owner Supervisi

Merupakan biaya yang dialokasikan untuk keperluan pengawasan dalam pelaksanaan proses produksi. Tujuan adalah untuk menjamin kualitas atau mutu pekerjaan sehingga dihasilkan produksi yang memenuhi kualitas yang ditentukan.

4. Biaya Umum Lainnya

Biaya umum selain biaya-biaya diatas dapat dimasukkan pada biaya umum lainnya, antara lain :

- Biaya Klasifikasi
- Syahbandar
- Asuransi Pembangunan



- Upacara Peresmian dan Peluncuran
- Serah terima
- Biaya jasa test dan sea trial
- Biaya surat-surat kapal
- Biaya Material handling
- Biaya umum lainnya

d. Profit dan keuntungan

Yang dimaksud dengan keuntungan perusahaan adalah kelebihan dari pada pendapatan setelah dikurangi biaya material, biaya jasa dan biaya over head.

Penetapan profit pada hasil produksi mempunyai beberapa tujuan yaitu :

1. Sebagai alat pengukur efektifitas operasi perusahaan.
2. Sebagai premi potensiil untuk resiko pengoperasian perusahaan
3. Sebagai modal yang dibutuhkan untuk menjamin hari depan perusahaan.

Menurut Benford besarnya keuntungan adalah antara 5 % sampai 7,5 % dari biaya total.

BAB III

PENGUNAAN FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III

3.1. PENGUNAAN DIVINYCELL FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III

Pada pembangunan kapal dengan divinycell FRP sandwich ada hal-hal yang harus diperhatikan yang menyangkut bagaimana proses pembangunan kapal mulai dari perencanaan sampai ke tahap produksinya. Disini akan dikemukakan beberapa faktor yang menyangkut hal tersebut diatas.

3.1.1. Fasilitas Produksi

Untuk membangun superstructure dengan FRP (*fibreglass reinforced plastic*), kita harus mengetahui apa yang diperlukan dalam proses tersebut. Adapun proses yang harus dilalui adalah sebagai berikut :

1. Gambar yang diperlukan.
 - a. Detail gambar.

Untuk superstructure, gambar yang diperlukan adalah general arrangement (rencana umum), terutama bagian deck-deck nya seperti upper deck, poop deck, bridge deck dan navigation deck.

b. Mould loft

Lantai gambar dengan skala 1 : 1 yang diperoleh dari gambar linesplane. Lantai gambar sebaiknya dari multipleks, proses pemindahan gambar ke Mould loft ini memerlukan waktu yang tidak sedikit, mengingat ketelitian kerja pada bagian ini sangat diperlukan dan dari mould loft inilah bentuk cetakan diperoleh.

c. Marking

Pemindahan bagian-bagian yang akan dikerjakan atau disetting ke cetakan. Proses ini biasa didahului dengan membuat mal.

2. Cetakan

a. *Cutting*

Pemotongan material FRP yang akan diperlukan untuk membuat cetakan.

b. *Forming*

Pembentukan cetakan itu sendiri berdasarkan pada mal-mal yang telah dibuat pada pengerjaan sebelumnya.

c. *Setting*

Penataan bentuk-bentuk yang telah dibuat berdasarkan gambar yang ada, sehingga sesuai dengan yang direncanakan.

d. *Finishing*

Yaitu penyelesaian dari seluruh kegiatan dalam pembuatan cetakan, pengerjaannya dapat berupa *fairing* ataupun menghaluskan bagian-bagian yang masih kasar.

3. Obyek yang dicetak

a. Pengecoran.

b. Laminasi.

Dari uraian diatas didapat bahwa fasilitas yang digunakan untuk membangun superstructure dengan FRP tidaklah memerlukan fasilitas yang sifatnya khusus, fasilitas yang sudah ada untuk bangunan baru dapat langsung digunakan, hanya saja harus diperhatikan cuaca atau keadaan lingkungannya karena sangat berpengaruh pada proses pengeringan FRP.

3. 1. 2. **Kebutuhan Jam Orang**

Pengertian dara standar kerja adalah sesuai dengan pengertian nilai kemampuan teknis seorang tenaga kerja atau kelompok kerja maupun tingkat produktivitas yang dimiliki suatu perusahaan.

Pada umumnya penentuan standar kerja yang dimiliki suatu galangan dapat dilakukan dengan cara pengukuran langsung dilapangan, meliputi berat luasan serta panjang bagian yang dikerjakan, waktu pengerjaan dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan.

3. 1. 2. 1. Rencana Kebutuhan Jam Orang

Dalam menentukan besarnya kebutuhan jam orang untuk pembangunan kapal baru, kita harus mempunyai dasar untuk menentukan besarnya jam orang untuk suatu kapal yaitu :

- Berdasar pengalaman pembangunan kapal yang lalu.
- Standar kerja yang ada pada masing-masing bengkel.
- Adanya penambahan dari faktor-faktor kesulitan pada tiap-tiap bagian dari kapal.

Dengan adanya dasar-dasar untuk menentukan besarnya jam orang untuk pembangunan kapal seperti diatas dan setelah diadakan pengolahan data maka didapatkan standar kerja yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan besarnya rencana kebutuhan jam orang. Sedangkan besarnya kebutuhan jam orang untuk masing-masing bengkel adalah dengan mengalikan standar kerja dengan berat masing blok.

3.1. 2. 2. Jam Orang Realitas

Setelah kebutuhan jam orang telah ditetapkan, selanjutnya jam orang yang telah direncanakan tersebut didistribusikan ke tiap-tiap bengkel yang berkaitan dan disertai dengan lamanya waktu penyelesaian yang telah ditentukan.

Dengan jam orang yang telah diterima tiap-tiap bengkel maka dilaksanakan pembangunan kapal tersebut. Pada pembangunan kapal dari tahap-ketahap akan dicatat pada masing-masing bengkel akan jam orang yang telah dilaksanakan (jam orang sebenarnya). Dari hasil pencatat jam orang yang telah terlaksana dibengkel-bengkel tersebut akan didapatkan besarnya jam orang realitas dari keseluruhan kegiatan untuk pembangunankapal Caraka Jaya III tersebut.

Adanya perbedaan antara jam orang rencana dengan dengan jam orang realitas disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

- Pada tahap perhitungan rencana tender data dari spesifikasi kapal ternyata kurang, sehingga dapat mengakibatkan kesalahan estimasi.
- Dari tahap perencanaan terdapat kesalahan-kesalahan dalam mendesain, sehingga timbul revisi dari gambar tersebut. Revisi dari gambar tersebut dapat disebabkan oleh kesalahan dari desain atau dari permintaan owner kapal tersebut.
- Dari tahap pelaksanaan, yaitu :
 - Kesalahan dari pelaksanaan sehingga menimbulkan jam orang untuk revisi pekerjaan.
 - Kesalahan dalam menggunakan material
 - Record data-data jam orang realitas dari pelaksana kurang akurat.

3.2. Perhitungan Dasar untuk Produksi

Hal penting yang harus dilakukan sebelum kita membangun superstructure dengan FRP adalah pembuatan cetakannya, disini akan diuraikan tentang cetakan terlebih dahulu yaitu jenisnya, estimasi berat dan lainnya.

3.2.1. Cetakan

Ada tiga jenis cetakan yang akan diuraikan disini, antara lain adalah sebagai berikut :

■ Kayu

yaitu penggunaan material kayu dan sejenisnya yang dipakai sebagai tempat pencetakan bentuk-bentuk yang diinginkan.

Ada dua metode yaitu :

a. Metode langsung

Kayu hasil pengerjaan langsung digunakan sebagai cetakan. Metode ini baik digunakan untuk bentuk-bentuk konstruksi yang besar.

Material yang dipakai :

- Kayu kamper
- Tripleks
- Melamin
- Dempul autolux atau sejenisnya

- Lem rakoll
- Palu
- Paku khusus pengeleman Melamin

Proses pengerjaan :

- Bentuk dan ukuran yang didapat dari mould loft disetting sesuai dengan perencanaan.
- Cecking seluruhnya terhadap sumbu xyz juga ketegaklurusannya.
- Pasang penyangga-penyangga bila diperlukan.
- Lapsi cetakan tersebut dengan tripleks 3 mm.
- Rekatkan melamin pada permukaan tripleks yang telah terpasang.
- Dempul bagian-bagian sambungan melamin.
- Cetakan dihaluskan dengan bantuan polisher. Inilah cetakan yang diharapkan

b. Metode tak langsung.

Material kayu dan sejenisnya hanya digunakan sebagai dies awal, sedangkan dies sesungguhnya adalah fibreglass yang dibentuk oleh dies awal. Metode ini baik digunakan untuk pencetakan bentuk-bentuk fibreglass dengan ukuran kecil dan untuk pekerjaan yang sifatnya berulang-ulang.

Material yang dipakai :

- Untuk material kayu yang dipakai sama saja dengan metode langsung.
- Ditambah material fibreglass.

Proses pengerjaan :

- Untuk pembuatan dies awal sesuai dengan metode langsung
- Dilanjutkan dengan pemberian PVA, sebagai bahan pemisah antara dies awal dengan sesungguhnya yang terbuat dari fibreglass.
- Pekerjaan laminasi dapat dilakukan, caranya sesuai keterangan awal.
- Tunggu sampai kering dan angkat.
- Hasilnya merupakan *virtual dies*.

■ Fibreglass

Metode yang terpraktis dalam pembuatan cetakan, yaitu cetakan yang diperoleh dengan memanfaatkan bentuk yang telah ada. Keuntungan dari metode ini adalah cepat pengerjaannya dan kecil resiko kegagalannya.

Material yang digunakan :

- Material fibreglass

Proses pengerjaan :

- Sama dengan metode tak langsung, namun dies awalnya telah tersedia.

■ Gibs sebagai cetakan

Cetakan ini baik digunakan untuk bentuk-bentuk yang permuklaannya rumit dan relatif kecil ukurannya.

Material yang dipakai :

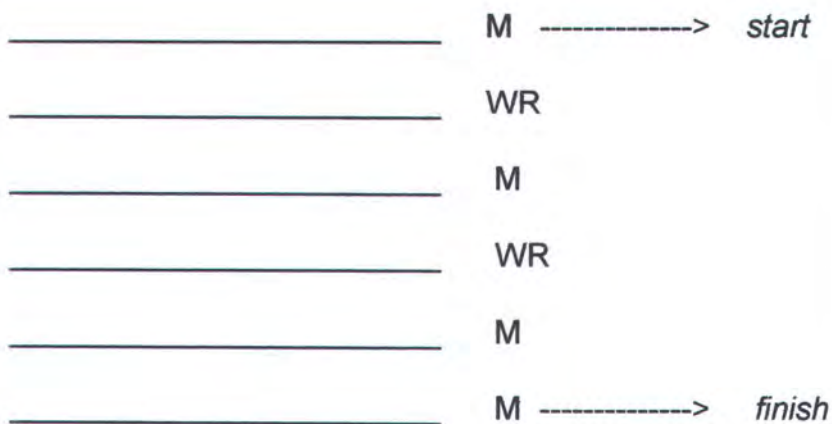
- Tripleks 3 mm
- Multipleks
- Pasir
- Semen
- Gibs
- Dempul mobil

Proses pengerjaan :

- Pembuatan kerangka dasar cetakan dengan menggunakan tripleks dan multipleks sebagai pembentuk cetakan, persis yang dilakukan saat pembuatan kerangka cetakan dengan metode langsung dimana kayu sebagai cetakan.
- Mengisi ruang yang terbentuk dengan campuran atau adonan pasir dan semen.
- Permukaan yang diharapkan akan diperoleh dari gibs yang dibentuk.
- Pemberian dempul sebagai penghalus cetakan.

3. 2. 2. Laminasi

Terdiri dari serat-serat fiber dilumuri resin yang telah dicampur dengan menggunakan roller dan dilakukan selebar demi selebar, contoh susunan laminasi adalah :



■ Perhitungan ketebalan laminasi

Hal penting yang harus dipertimbangkan dalam menyusun laminate kulit adalah merencanakan ketebalan lamina pada laminate kulit FRP sandwich. Ketebalan lamina diperoleh dari ketebalan masing-masing material pembentuknya, dengan mengetahui spesifik dan komposisi dari material pembentuknya, maka ketebalan lamina kulit FRP sandwich dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan dibawah ini :

$$T_c = T_f + T_m$$

$$T_f = N * (W / m^2)_f * TC_f$$

$$T_m = R / G * N * (W / m^2)_f * TC_m$$

dimana :

T_c : Ketebalan lamina

T_f : Ketebalan serat penguat

T_m : Ketebalan matriks / resin

- (W / m^2) : Berat serat per luasan
- N : Jumlah layer
- TC : Konstanta ketebalan ($1 / \rho$)
- R / G : Perbandingan berat resin dengan berat serat
- ρ_f : Masa jenis serat penguat
- ρ_m : Masa jenis resin

Dari rumus perhitungan ketebalan lamina maka kita bisa menghitung ketebalan lamina yang akan kita buat sesuai dengan komposisi serat penguat dan komposisi resin yang digunakan.

■ Perhitungan fraksi volume lamina

Biasanya perhitungan komposisi serat penguat dan resin pada lamina didasarkan atas perhitungan fraksi volume. Tetapi pada kalangan industri dangalangan seringkali didasarkan pada fraksi berat. Untuk itu perlu dipahami perbedaan antara fraksi volume dan fraksi berat sehingga memudahkan kita untuk melakukan perhitungan selanjutnya.

Fraksi berat adalah :

$$M_f = \frac{\text{massa. serat}}{\text{massa. total}}$$

$$M_m = \frac{\text{massa. matriks / resin}}{\text{massa. total}}$$

Fraksi volume adalah :

$$V_f = \frac{\text{volume. serat}}{\text{volume. total}}$$

$$V_m = \frac{\text{volume. matriks / resin}}{\text{volume. total}}$$

■ Perhitungan kekuatan tarik lamina kulit

Kekuatan tarik dari lamina kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) sandwich sangat ditentukan oleh komposisi dari serat penguatnya. Kekuatan tarik lamina Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) adalah resultan gaya total yang bekerja pada lamina, yaitu penjumlahan gaya yang bekerja pada fiber dan resin. Hubungan kekuatan tarik lamina Fibreglass Reinforced Plastic tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma_f * V_f + \sigma_m * V_m$$

Dengan asumsi bahwa matriks (resin) adalah isotropik sedangkan serat penguat (*fibreglass reinforcement*) adalah orthotropik dan lamina kulit FRP sandwich mengikuti hukum *Hooke's (one dimensional Hooke's Law)*, maka didapatb persamaan :

$$\sigma_f = E_f * \varepsilon_f$$

$$\sigma_m = E_m * \varepsilon_m$$

sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_c = E_f * V_f * \varepsilon_f + E_m * V_m * \varepsilon_m$$

dimana :

- E_f : Modulus elastisitas fibreglass
- ε_f : Regangan fibreglass
- V_f : Fraksi volume fibreglass
- E_m : Modulus elastisitas matriks (resin)
- ε_m : Regangan matriks (resin)
- V_m : Fraksi volume matriks (resin)

Adapun komposisi serat chopped strand mat yang biasa dipakai menurut klasifikasi *Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4 Section 3 B.100* adalah chopped strand mat (matto) 450 g / m^2 dan sebagai alternatif lain yaitu chopped strand mat (matto) 300 g / m^2 jika memungkinkan untuk dipakai. Dengan mempertimbangkan komposisi serat penguat yang akan dipakai dalam hal ini termasuk serat penguat menerus maka kita dapat mulai menentukan komposisi serat penguat dan perhitungan kekuatan tarik laminate kulit FRP sandwich.

3. 2. 3. **Bahan Pengisi**

Bahan-bahan pengisi yang digunakan untuk membentuk konstruksi FRP sandwich menjadi rigid yaitu dengan cara memberikan modulus yang memadai. Menurut *DNV Part 3 Chapter 4 Section 3 B.100* bahan pengisi yang digunakan untuk membangun panel dinding haruslah berkualitas terbaik. Sedangkan menurut *DNV Part 2 Chapter 4 Section 2 C.100* menjelaskan

bahwa seharusnya bahan pengisi memiliki ketahanan yang tinggi tidak terpengaruh oleh proses kimia yang terus menerus, difusi dan lain sebagainya. Dan bahan pengisi tersebut dapat digabungkan dengan resi polyester, vinylester, dan epoxy. Kemampuan untuk dapat digabungkan dengan resin melalui beberapa pertimbangan tertentu yang harus mendapatkan sertifikat atas kelaikannya.

Bahan pengisi ini memiliki dua tingkatan kualitas yang berbeda yaitu:

Tingkat 1 : Kualitas bahan pengisi yang digunakan untuk konstruksi hull.

Tingkat 2 : Kualitas bahan pengisi yang digunakan untuk bagian-bagian yang mendapat beban dibawah ambang kritis.

Keadaan tersebut berhubungan dengan sifat fisik dari masing-masing tingkatan yang dapat terlihat dari sertifikatnya. Sifat fisik ini oleh pabrik dibuat secara khusus berdasarkan macam-macam percobaan yang dilakukan. Sifat - sifat yang telah disertifikatkan dapat dilihat pada tabel 3. 1.

Table C1 Sandwich core materials.				
Property	Test method standard	Required values for approval testing * Also required by delivery Δ Min. values to be specified		
		Grade 1	Grade 2	
Tensile strength (N/mm ²)	ASTM C 297- 61 ^{1) 2)}	0,8	0,6	Δ
Tensile modulus (N/mm ²)	ASTM C 297- 61 ^{1) 2)}	30	20	Δ
Compr. strength (N/mm ²)	ISO 844-1978, ^{1) 2) 4)} 23°C	0,7	0,4	* Δ
Compr. modulus (N/mm ²)	ISO 844-1978, ^{1) 2) 4)} 23°C	30	20	Δ
Compr. strength (N/mm ²)	ISO 844-1978, ^{1) 2) 4)} 45°C	50% of value obtained at 23°C.	50% of value obtained at 23°C	
Compr. modulus (N/mm ²)	ISO 844-1978, ^{1) 2) 4)} 45°C	50% of value obtained at 23°C	50% of value obtained at 23°C	
Shear strength (N/mm ²)	ISO 1922-1981 ³⁾	0,6	0,4	Δ
Shear modulus (N/mm ²)	ISO 1922-1981 ³⁾	12	9	Δ
Shear elongation (%) ⁵⁾	ISO 1922-1981 ³⁾	Manufacturers specified min. value	Manufacturers specified min.value	Δ
Water absorption (kg/m ²)	ISO 2896 40°C, duration 1 week, salt water DIN 50905	1,5	1,5	
Water resistance (%)	% retention of compression and tensile strength after 4 weeks in salt water (DIN 50905) at 40°C ²⁾	75	70	
Density (kg/m ³)	ISO 845: 1977	Manufacturers specified min. value	Manufacturers specified min. value	* Δ
Oxygen index	ASTM D-2863	Stated value	Stated value	

1) Maximum speed of deformation, in millimeters per minute: 10% of the value of the measured initial thickness.
 2) Dimension of specimen 50 x 50 mm x product thickness.
 3) The core material is to be tested with and without a longitudinal adhesive joint. The joint is to be located at the midplane of the specimen, parallel to the steel supports and on equal distance to the supports.
 4) The test is to be carried out on samples with a layer of suitable resin for stabilization of the cell walls at the loaded surfaces.
 5) Elongation at fracture or at the point where the load has fallen to 80% of its max. value.

Tabel 3. 1 Sandwich core material

3. 2. 4. **Bahan Pelindung**

Komposisi bahan pelindung yang digunakan adalah :

- **Gel coat**

Berupa gel yang berfungsi sebagai pelindung; jenis yang biasa dipakai adalah gel coat 2141 TEX.

- **Cobalt**

Katalisator tambahan selain katalis.

- **Parafin**

Zat yang berfungsi untuk memberikan kesan cerah pada gel coat.

- **Pigmen White Super**

Larutan utama dalam pewarnaan, dengan penambahan pigmen jenis ini maka akan dihasilkan warna yang lebih sempurna.

- **Pigmen Color**

Pigmen yang digunakan sebagai pewarna biasa.

Proses pengerjaan untuk bahan pelindung ini sama dengan pengecatan biasa.

3. 3. **PERHITUNGAN BERAT MATERIAL YANG DIBUTUHKAN**

Perhitungan berat material yang dibutuhkan pada pembangunan superstructure Caraka Jaya III ini akan kita hitung menurut pembagian per-deck-nya, untuk memudahkan dalam penyusunan kebutuhan material dan mengetahui bagian-bagian yang bisa diganti per-deck-nya.



3. 3. 1. Kebutuhan Material pada Upper Deck

Bagian-bagian yang tidak diganti oleh FRP Sandwich adalah seluruh dinding yang mengelilingi *upper deck* yang langsung berhubungan dengan luar badan kapal dan selubung kamar mesin (*Engine Casing*) karena pada kedua bagian ini, kemungkinan terjadi panas yang cukup tinggi dapat menyebabkan kerusakan material ataupun keretakan yang makin lama akan terjadi patah (*fracture*) . Dinding yang dapat menggunakan FRP Sandwich Construction antara lain :

- Crew mess room
- Galley
- Boy and Cook
- Electric store
- Dry provision store
- Oiler room
- CO₂ room
- Mail room
- Toilet
- Cadet room
- Sailor room
- Quarter master room
- Tally off.
- Lavatory

3. 3. 2. Kebutuhan Material pada Poop Deck

Pada poop deck hanya sedikit bagian yang dapat diganti dengan FRP Sandwich Construction karena pada deck ini banyak terdapat peralatan tambat yang menyita hampir separuh dari poop deck tersebut.

Bagian yang dapat diganti dengan FRP Sandwich Construction antara lain adalah :

- Pantry
- Off. mess room
- Off. salon room
- Third Officer.
- Third Enginer.
- Store
- Toilet
- Lavatory

3. 3. 3. Kebutuhan Material pada Boat Deck

Diatas boat deck terdapat dua buah dewi-dewi yang masing-masing untuk 23 person / orang. Pada bagian bawahnya sebagai penyangga berat dewi-dewi diberi penegar-penegar tambahan yang berfungsi menambah kekuatan pada bagian bawah penyangga berat dewi-dewi, sedangkan bagian yang dapat digantikan dengan FRP Sandwich Construction antara lain adalah :

- First eng. room
- Chief officer
- Second officer
- Second engineer
- Bath room
- Toilet

3. 3. 4. **Kebutuhan Material pada Bridge Deck**

Yang perlu diperhatikan pada bridge deck ini adalah adanya ruangan atau kamar untuk Kapten kapal, yaitu orang nomer satu yang akan menentukan arah dan tujuan kapal berlayar. Selain Kapten kapal , Radio officer harus pula berada pada deck ini untuk mempercepat komunikasi yang harus terjalin antara daratan dan kapal yang sedang berlayar, agar tidak terjadi salah haluan ataupun untuk mengetahui letak atau posisi kapal tersebut.

Bagian yang dapat diganti dengan FRP Sandwich Construction antara lain adalah :

- Chief engineer
- Radio officer
- Spare
- Toilet
- Lavatory

3. 3. 5. Kebutuhan Material pada Navigation Deck

Pada deck ini sebagian besar ruangan untuk pengemudian kapal, menentukan lintasan yang akan dilalui, mengecek kebenaran lintasan yang telah dilalui dan jika terjadi penyimpangan dapat dengan mudah diketahui dan segera dapat memperbaikinya. Sedangkan bagian yang dapat digantikan dengan FRP Sandwich Construction antara lain adalah :

- Ruang kemudi
- Radio space
- Toilet

BAB IV

PERBANDINGAN ANTARA PENGGUNAAN LOGAM DAN FRP SANDWICH CONSTRUCTION PADA PEMBANGUNAN SUPERSTRUCTURE KAPAL CARAKA JAYA III

4.1. PERBANDINGAN BERAT TOTAL MATERIAL YANG DIPERLUKAN

Material yang digunakan dalam pembangunan kapal Caraka Jaya III mempunyai nomer kode spesifikasi untuk masing-masing itemnya, begitu pula untuk superstructure dibutuhkan beberapa item pada perencanaannya. Dari perencanaan pembangunan superstructure kapal Caraka Jaya III, kita dapat mengetahui besarnya kebutuhan material yang akan digunakan dan apa saja jenis-jenisnya.

4. 1. 1. Kebutuhan Material Baja

Dalam pembangunan superstructure Caraka Jaya III ini, pada tahap perencanaan-nya telah diperinci kebutuhan material. Baik material baja dalam bentuk lembaran maupun bentuk lainnya, seperti profil penegar, frame ataupun balok-balok penyangga.

Secara terinci kebutuhan material baja untuk pembangunan superstructure Caraka Jaya III dapat dilihat pada lampiran IV, sedangkan secara garis-besarnya dapat dituliskan sebagai berikut :

■ Untuk kebutuhan plate	=	143.5380 Ton
■ Untuk Flat bar, dll	=	20.7326 Ton
Jumlah	=	163.2706 Ton

Namun setelah pengerjaannya selesai, kebutuhan material tidak sama dengan perencanaannya. Dari keterangan yang berhasil dikumpulkan, menunjukkan bahwa besarnya material yang telah terpakai adalah sebagai berikut :

■ Untuk kebutuhan plate	=	148.5380 Ton
■ Untuk Flat bar, dll	=	21.9171 Ton
Jumlah	=	160.4551 Ton

Besarnya material yang terpakai tersebut sesuai dengan daftar pengeluaran material tersebut yang tercatat pada pengeluaran dari gudang.

Pada uraian diatas terdapat perbedaan pemakaian material yang telah direncanakan sebesar 7.4804 Ton atau bila ditulis dalam presentase adalah sebesar 4.57 %. Perbedaan pemakaian tersebut dikarenakan hal-hal sebagai berikut :

- Sering adanya revisi gambar, sedangkan material telah digunakan menurut perintah sebelum revisi.
- Kecerobohan tenaga kerja sehingga terjadi kesalahan dan harus diganti dengan yang baru.

4. 1. 2. **Kebutuhan Material FRP Sandwich**

Penggunaan material FRP sandwich untuk membangun superstructure kapal Caraka Jaya III ini tidak seluruhnya diganti dengan FRP sandwich. Hanya pada bagian tertentu saja yang telah disebutkan pada bab terdahulu

yang diganti dengan FRP, jadi penggunaan baja masih ada dan juga dimasukkan pada perhitungan berat material ini.

Perhitungan pemakaian material FRP dapat dilihat pada lampiran II, sedangkan perincian secara garis-besarnya dapat dituliskan sebagai berikut :

■ Untuk dinding

1. Berat laminate kulit		
(Inner + Outer skin)	4.0192	Ton
2. Berat core	1.0138	Ton
Jumlah	5.0340	Ton

■ Untuk frame

1. Berat laminate kulit		
(Inner + Outer skin)	2.4550	Ton
2. Berat core	0.9850	Ton
Jumlah	3.4300	Ton

■ Untuk pintu 55 buah

1. Berat laminate kulit		
(Inner + Outer skin)	0.6760	Ton
2. Berat core	0.2030	Ton
Jumlah	0.8790	Ton

Kebutuhan baja untuk mendukung penggunaan FRP sandwich juga dapat dilihat pada lampiran IV, dimana dapat diperinci beratnya sebagai berikut :

■ Berat dinding	42.9130	Ton
■ Berat pintu	1.8760	Ton
■ Berat penegar	12.7250	Ton
■ Berat tangga	1.2550	Ton
■ Berat deck	6.3510	Ton
■ Berat deck beam	21.6450	Ton
Jumlah	86.7650	Ton

Untuk menghitung kebutuhan material pada pembangunan superstructure Caraka Jaya III dengan tambahan FRP sandwich, kita juga harus menambahkan berat material baja yang digunakan sebagai pendukung dari penggunaan material FRP sandwich construction.

4. 2. PERBANDINGAN BIAYA YANG HARUS DIKELUARKAN

Biaya yang dimaksud disini adalah harga dari material itu sendiri, jadi belum ditambah biaya lain-lain, biaya profit, biaya overhead dan pajak. Setelah kita menghitung kebutuhan material yang akan digunakan, dari berat material dapat menghitung besarnya biaya yang akan dikeluarkan. Untuk lebih jelasnya dapat dituliskan sebagai berikut :

■ Untuk dinding

1. Harga laminate kulit (Inner + Outer skin)	Rp. 45.667.550
2. Harga core	Rp. 83.823.842
Jumlah	Rp. 129.491.392

■ Untuk frame

1. Harga laminate kulit (Inner + Outer skin)	Rp. 8.985.650
2. Harga core	Rp. 17.550.860
Jumlah	Rp. 26.536.510

■ Untuk pintu 55 buah

1. Harga laminate kulit (Inner + Outer skin)	Rp. 4.650.650
2. Harga core	Rp. 11.985.750
Jumlah	Rp. 16.636.400

Biaya material sandwich masih harus ditambah dengan biaya baja sebagai pendukung bangunan superstructure Caraka Jaya III yaitu sebesar Rp. 260.295.000,00.

Jadi untuk mendapatkan biaya material bila kita membangun superstructure kapal Caraka Jaya III ini, kita harus menghitung biaya material panel sandwich yang dibutuhkan dan material baja sebagai pendukungnya. Hal

panel sandwich yang dibutuhkan dan material baja sebagai pendukungnya. Hal itu dikarenakan pada tugas akhir ini pembangunan superstructure-nya tidak menggunakan FRP sandwich secara keseluruhan.

Untuk pembangunan superstructure Caraka Jaya III dengan konstruksi baja secara keseluruhan-nya dapat dilihat pada lampiran IV, yang besarnya sejumlah Rp. 480.365.000,00. Jumlah biaya ini juga belum termasuk biaya jam orang, biaya overhead, biaya profit dan pajak. Jadi biaya yang tertera diatas masih merupakan biaya material saja.

Harga jual dihitung dari biaya total ditambah dengan keuntungan, sedangkan biaya total didapat pula dari biaya penjualan ditambah dengan biaya produksi. Biaya produksi adalah :

1. Biaya tenaga kerja langsung
2. Biaya material langsung
3. Biaya overhead, yang terdiri dari :
 - Overhead variabel
 - Overhead tetap
 - Biaya langsung lain-lain

BAB V

ANALISA

5. 1. ANALISA PERBANDINGAN BERAT DAN BIAYA YANG DIKELUARKAN

Berat material yang dibutuhkan pada pembangunan superstructure Caraka Jaya III telah dihitung pada bab terdahulu. Pengurangan berat yang terjadi kurang lebih 30 % dari berat total bila kita membangun superstructure Caraka Jaya III dengan menggunakan Divinycell FRP sandwich construction.

Pengurangan berat tentu saja disebabkan oleh perbedaan material yang digunakan dan berat jenis material tersebut. Hal ini dapat dilihat pada lampiran II dan lampiran IV , disana jelas sekali terlihat beda berat pada masing-masing deck-nya, antara penggunaan material FRP sandwich dan baja.

Perbedaan berat tersebut dapat diketengahkan sebagai berikut :

- Material FRP + baja = 109.093 Ton
- Material baja = 160.759 Ton

Dari perhitungan tersebut jelas terlihat perbedaan yang cukup besar, perbedaan tersebut dapat mengakibatkan :

1. Berkurangnya beban dibelakang.
2. Penambahan muatan / bagasi pada tiap deck-nya.
3. Stabilitas kapal harus ditinjau ulang apakah masih memenuhi syarat yang diijinkan oleh BKI

Biaya pembangunan superstructure Caraka Jaya III dengan FRP sandwich, bila dilihat maka perbedaannya tidak terlalu besar. Artinya pembangunan superstructure dengan menggunakan FRP sandwich dan dengan menggunakan baja saja biayanya lebih rendah sedikit untuk material FRP sandwich-nya. Namun selain biayanya kita juga harus melihat faktor lainnya seperti lamanya pengerjaan, kebutuhan jam orang dan biaya lain-lainnya.

Biaya yang harus dikeluarkan untuk pembangunan superstructure Caraka Jaya III telah dihitung sebelumnya (TA. Imam Achmadi '89) dan untuk perinciannya dapat dilihat pada lampiran IV .

Perbedaan biaya yang tidak terlalu besar ini disebabkan oleh mahalnya material FRP sandwich, terutama material core-nya yang belum terlalu populer di kalangan para pembuat kapal dan kalangan industri perkapalan. Namun hal ini tentunya tidak akan menjadi masalah bila keuntungan yang akan didapat jauh lebih besar daripada-nya.

5. 2. PEMILIHAN MATERIAL UNTUK MENDAPATKAN HASIL YANG MAKSIMUM

Permasalahan yang sering dihadapi oleh kapal yang berlayar di lautan adalah banyaknya terjadi perkaratan akibat air laut, hal ini tentu saja menjadi perhatian khusus karena selain laut di sekitar wilayah Indonesia kadar garamnya tinggi juga karena iklimnya yang tropis sangat mendukung dan mempercepat terjadinya karat.

Pemakaian material yang tahan terhadap karat merupakan keuntungan yang besar diperoleh oleh dunia pada umumnya dan dunia perkapalan pada khususnya. Selain keuntungan tersebut tentunya kekuatan material haruslah jangan ditinggalkan atau dengan kata lain yang tahan karat, kekuatannya memenuhi dan biayanya relatif tidak terlalu mahal.

Akibat dari yang tersebut diatas maka biaya perawatan dapat lebih mudah dan murah, sehingga operasionalnya bisa ditekan. Bila operasionalnya lebih murah maka keuntungan yang didapat oleh pemilik kapal tersebut bertambah.

Selain keuntungan yang ada pada material FRP sandwich, ada pula kelemahannya yaitu :

1. Tidak tahan terhadap panas yang tinggi.
2. Bila dikenai beban geser tidak terlalu kuat .

3. Volume-nya lebih besar daripada baja.
4. Lebih mudah terbakar daripada baja.

Kelebihannya pun dapat kita tuliskan sebagai berikut :

1. Tidak memerlukan keahlian khusus untuk menggunakannya.
2. Tahan terhadap korosi.
3. Mudah perawatannya.
4. Murah perawatannya.
5. Kekuatannya sama dengan baja.
6. Ringan (beratnya jauh lebih kecil daripada baja).
7. Warna lebih baik dan tahan lama.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6. 1. KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Total berat material yang digunakan adalah :
 - Untuk pembangunan Caraka Jaya III dengan menggunakan baja seluruhnya adalah 160.4551 Ton.
 - Untuk pembangunan Caraka Jaya III dengan menggunakan Divinycell FRP sandwich dan baja pada bagian tertentu adalah 109.0930 Ton.
2. Besarnya biaya pembangunan superstructure Caraka Jaya III harus memperhitungkan komponen biaya lainnya, seperti :
 - Besarnya Jam Orang
 - Berat material yang terpakai
 - Besarnya biaya overhead
 - Keuntungan
 - Profit
 - Pajak

3. Jam orang yang diperlukan pada pembangunan superstructure Caraka Jaya III tergantung dari :
- Berat material yang akan dikerjakan
 - Tahapan pada tiap-tiap bengkel
 - Ada tidaknya pekerjaan ulang
 - Ketepatan waktu pengerjaan
 - Kemampuan memenuhi rencana jam orang yang ditentukan
4. Keuntungan yang digunakan di PT. PAL INDONESIA adalah sebesar 5 % sampai dengan 10 % dari biaya produksi.
6. Pajak
- Besarnya pajak adalah 10 % dari biaya total produksi.

6. 2. SARAN

1. Penentuan bagian-bagian yang akan diganti dengan FRP sandwich harus diperhitungkan benar-benar, agar didapat hasil yang paling maksimum.
2. Kemudahan dan murahnya biaya perawatan merupakan nilai tambah yang didapat dari penggunaan Divinycell FRP sandwich construction.
3. Apabila penggunaan Divinycell FRP sandwich construction diterapkan pada kapal penumpang, pengurangan berat akan lebih berarti karena dapat menambah bagasi penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Bureau Of Shipping, Section 2. 33 " Fibre-Reinforced Plastic (FRP) " High Speed Craft, October 1990.
2. Bergan, P.G, Buene Leif, Echtermeyar, A .T and Hayman Brian, " Assement of FRP Sandwich Structure for Marine Aplication ", Det Norske Veritas, Hovik, Norway, Marine Structure 7 (1994) page 457-473.
3. Chalmers, D.W, " The Potential for the use of Composite Materials in Marine Structures ", Dotset UK, Marine Structure 7 (1994) page 441-456.
4. ClassNK (Nippon Kaiji Kyokai).
 - Chapter 16, " Superstructure and Deckhouse ", Rules for the Survey and Construction of Ship of Fibreglass Reinforced Plastics, 1994.
5. Det Norske Veritas, Norway.
 - Part 1 Chapter 1, " General Regulation ", High Speed and Light Craft, Januari 1990.
 - Part 2 Chapter 4, " Fibre Composit and Sandwich Material ",High Speed and Light Craft, Januari 1994.
 - Part 3 Chapter 1, " Deck Structure, Bulkhead Structure and Superstructure ", Rules for Ships, Januari 1994
 - Part 3 Chapter 3, " Hull Structure Design, Fibre composite and Sandwich Construction ",High Speed and Light Craft, Januari 1991.

6. Fakultas Teknik Perkapalan ITS, " Fibreglass and Ferrocement ", Diktat Kuliah, 1987.
7. Dicab Engineering, " E Composite Technologist ".
8. Gibson, R.F, " Principles of Composite Material Mechanics ", Mc Graw Hill, Book Co. Singapore.
9. Imam Achmadi, " Analisa Biaya Pembangunan Kapal Caraka Jaya III di PT. PAL Indonesia", Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan ITS 1993.
10. Justus Sakti Raya Corporation, PT., "Pengenalan Fibreglass Reinforced Plastics (FRP) ", Technical Information, Jakarta- Indonesia.
11. Wiley, Jack, " The Fibreglass Repair and Construction Handbook ", United States of America , 1982.



Divinycell H grade.

THE ULTIMATE CORE FOR SANDWICH CONSTRUCTION.

Divinycell has a unique position in the international composite market as a core material in multifunctional sandwich constructions. The Divinycell H grade in this folder is used in a wide range of applications where there is a need for a strong, lightweight construction material with excellent mechanical characteristics.

Divinycell is widely used and is found in e.g. helicopter rotor blades, pleasure craft, ship hulls and truck bodies. Divinycell H grade is available in a range of densities as standard sheets or fabricated to customer specification.

*Divinycell H Sandwich Core Material.
Average physical properties.*

Quality		H 30	H 45	H 60	H 80	H 100	H 130	H 160	H 200	H 250
Density ASTM D 1622	kg/m ³	36	48	60	80	100	130	160	200	250
	lb/ft ³	2.3	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.4	15.6
Compressive strength* ASTM D 1621	Mpa +22°C	0.3	0.6	0.8	1.2	1.7	2.5	3.4	4.4	5.8
	psi +72°F	45	80	115	175	245	360	500	640	840
Compressive modulus* ASTM D 1621 procedure B	Mpa +22°C	20	40	60	85	125	175	230	310	400
	psi +72°F	2 900	5 800	8 700	12 325	18 125	25 375	33 350	44 950	58 000
Tensile strength* ASTM D 1623	Mpa +22°C	0.9	1.3	1.6	2.2	3.1	4.2	5.1	6.4	8.8
	psi +72°F	130	190	230	320	450	610	740	930	1 275
Tensile modulus* ASTM D 1623	Mpa +22°C	28	42	56	80	105	140	170	230	300
	psi +72°F	4 060	6 090	8 120	11 600	15 225	20 300	24 650	33 350	43 500
Tensile strength** ISO 1926	Mpa +22°C	0.8	1.2	1.5	2.0	2.4	3.0	3.9	4.8	6.4
	psi +72°F	115	170	215	290	350	430	560	690	920
Shear strength** ASTM C 273	Mpa +22°C	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.6	3.3	4.5
	psi +72°F	50	70	100	145	200	290	380	480	650
Shear modulus** ASTM C 273	Mpa +22°C	13	18	22	31	40	52	66	85	108
	psi +72°F	1 885	2 610	3 190	4 495	5 800	7 540	9 570	12 325	15 660

* = perpendicular to the plane.

** = parallel to the plane.

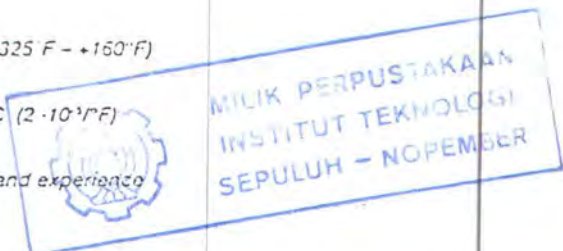
Continuous operating temperature range: -200°C - +70°C (-325°F - +160°F)

Maximum processing temperature: +80°C (+176°F)

Coefficient of linear expansion ASTM D 695: Approx. 35 · 10⁻⁴/°C (2 · 10⁻³/°F)

Poissons ratio: 0.32

Data and recommendations for Divinycell are derived from tests and experience but are given without liability to the company.



// DIVINYCELL[®] — the quality core!

The Divinycell H grade has all the properties expected of a high-performance, lightweight construction material. It is a partially cross-linked, structural cellular material expanded according to a CFC free process.

High ductility and resilience give excellent dynamic behaviour under shock and impact. Compatibility with a wide range of matrix materials, low water absorption, self-extinguishing and exceptionally good thermoforming properties are other basic features.

Product development continually improves the critical functions of the ranges of Divinycell grades. Our molecular engineers have achieved a number of highly specialized grades:

- Divinycell HCP, with its high Hydraulic Crush Point, is used in various subsea applications.
- Divinycell HT is formulated to suit various prepreg systems and to be compatible with the high process temperatures involved.
- Divinycell FRG has low toxic gas emission for applications where combustion products are confined.
- Divinycell IPN insulation materials exhibits low water vapour permeability for extreme cold to hot environments.
- Divinycell SPI insulation materials have good ageing properties at high temperatures and hydrostatic pressures.

Detailed information on these special grades of Divinycell is available upon request.

All Divinycell grades are developed and produced in compliance with the Quality Assurance Requirements specified in the AQAP and in the ISO 9000 standards.

BARRACUDA TECHNOLOGIES, — AN INTERNATIONAL MARKET LEADER.

BARRACUDA Technologies develop and sell products and services based on advanced polymer and composite technologies.

Over twenty years of experience together with continuous research and development have made us an international market leader, with Divinycell as the prime element in multifunctional sandwich constructions.

Our philosophy is to supply our customers with structural cores for sandwich construction of the highest quality. We strive for excellence — not only in the materials but also in technical assistance and documentation. Long-term involvement enables us to give strong support to our customers whenever and wherever needed.

APPROVED BY



ABS

GERMANISCHER LLOYD, HAMBURG
LLOYD'S REGISTER, LONDON
NIPPON KAIJI KYOKAI, TOKYO
BUREAU VERITAS, PARIS
DET NORSKE VERITAS, OSLO
KOREAN REGISTER OF SHIPPING, SEOUL
AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, PARAMUS

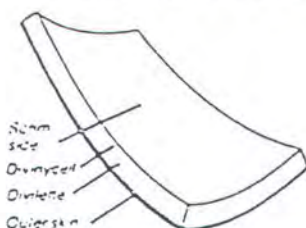
DIVILETTE® 600

DIVILETTE 600 is a sprayable polyester based bonding adhesive which contains microspheres of plastic and has an identifiable blue colour for quality control purposes. So-called syntactic foam.

Technical properties of DIVILETTE 600		Test values of the DIVILETTE 600 joint	
Density (ISO 2811)	approx. 37.5 lb/ft ³ (600 kg/m ³)	Shear strength of DIVILETTE 600 bonded to DIVINYCELL H80 (ISO 922-1972)	psi (MPa)
Viscosity (ICI, cone and plate, 77°F (23°C))	0.333 lb/(ft.s) (500 cP)	Shear strength of DIVILETTE 600 bonded to laminates of glass fibre reinforced polyester (ISO 922-1972)	245 (1.7) 435 (3.0)
Gel time at 77°F (23°C) and 1.5% catalyst (50% MEKP) on weight of DIVILETTE 600 i.e. 24 cc per 1 US gallon or 6.5 ml per 1 litre	30 min		
Mechanical properties of cured DIVILETTE 600		Tensile strength (ASTM C297-61) of DIVILETTE 600 between two sheets of DIVINYCELL H80, before and after 28 days in salt water [DIN 50906 at 104°F (40°C)]	
Tensile strength (ISO 1925)	1450 psi (10 MPa)	before	325 (2.3)
Elongation at break (ISO 1925)	3%	after	254 (1.8)
Tensile modulus (ISO 1925)	145000 psi (1000 MPa)	Tensile strength (ASTM C297-61) of DIVILETTE 600 between laminates of glass fibre reinforced polyester, before and after 28 days in salt water [DIN 50906 at 104°F (40°C)]	before 1313 (9.3) after 593 (4.2)
Water absorption (ISO R52)	0.0023 oz (80 mg)		
Linear shrinkage (ASTM D2555)	1.2%		

DIVILETTE 600 ASSURES A GOOD BOND

Data and recommendations for Divilette are derived from tests and experience but are given without warranty by the company.



A critical part of making sandwich hulls in a female mould has always been the difficulty of verifying the bonding between the outer skin and the core. Not any more! Now you have Divilette 600, which can be troweled or sprayed on the outer skin (wet or cured) before applying the Divinycell core. Divilette 600 has an identifiable blue colour for quality control purposes. When vibra-

ted with a special vibrator roller, Divilette easily penetrates up and into the cuts in the Divinycell sheets. When you observe a uniform blue chequered pattern over the entire Divinycell surface you can be sure that all cuts are filled and you will obtain an excellent bond. The System is very flexible and can be adapted to either large or small scale production.

Conversion of American measures to metric measures

1 inch (in)	= 25.4 mm
1 foot (ft)	= 304.8 mm
1 pound (lb)	= 0.454 kilogram (kg)
1 ounce (oz)	= 28.35 gram (g)
1 US gallon (gal)	= 3.79 liter (l)
1 lb/ft ² (psi)	= 0.0689 MPa

Quantity of Divilette coating/Divinycell thickness.

Divinycell thickness in (mm)	Quantity Divilette 600 Coating thickness in (mm)
0.40 (10)	0.06 (1.5)
0.47 (12)	0.08 (2.0)
0.60 (15)	0.10 (2.5)
0.80 (20)	0.12 (3.0)
1.00 (25)	0.14 (3.5)
1.20 (30)	0.15 (4.0)
1.40 (35)	0.20 (5.0)
1.60 (40)	0.24 (6.0)

Note: A coating thickness of 0.039 in gives 0.264 US gallon/gallorvrd² (1 mm gives one litre/m²). These are guide values only. Consumption is larger for curved or uneven laminates.

SWEDEN (HEAD OFFICE)

BARRACUDA Technologies AB
Box 291
S-312 22 LÅNOLM
Tel (46) 432-129 00
Telex 814 50 19
Fax (46) 430-139 88

NORWAY

BARRACUDA Technologies A/S
Postboks 224
N-1304 HVALSTAD
Tel (47) 2 30 19 20
Fax (47) 2 31 94 14

GREAT BRITAIN

BARRACUDA Technologies Ltd
1, Eastville Close
GLOUCESTER GL4 7SU
Tel (44) 452-50 18 00
Fax (44) 452-20 70 31

DENMARK

BARRACUDA Technologies A/S
Postboks 211
DK-2605 BIRKERØD
Tel (45) 42 63 78 44
Fax (45) 42 96 27 92

USA

BARRACUDA Technologies Inc
315 Seahawk Drive
DODDGE, Texas 75119
Tel (817) 214 224 81 41
Tel 98 94 20
Fax (817) 214 229 20 67

FINLAND

BARRACUDA Technologies Oy
P. Box 2
SF-04101 HELSINKI
Tel (358) 2 24 29 60
Fax (358) 2 24 26 16

AUSTRALIA

BARRACUDA Technologies Pty. Ltd
P.O. Box 539
CASTLE HILL, N.S.W. 2154
Tel (61) 2 650 33 88
Tel 74559
Fax (61) 2 634 24 60
A.C.N. 502 555 213

WEST GERMANY

BARRACUDA Technologies GmbH
Am Bismarck 22
D-3300 HANNOVER 91
Tel (49) 511-48 22 91
Tel 923161
Fax (49) 511-48 22 94

FRANCE

BARRACUDA Technologies SA
18, Allée des Mousins
SARLIS 420
F-44163 FRESNES CEDEX
Tel (33) 1-46 68 58 59
Tel 63329
Fax (33) 1-49 84 20 07

Upper Deck Side Plating

No.	Nama Bagian	Panjang	Tinggi	Luas	Jml Pintu	Uk. Pintu	Total
1	Crew Mess room	10.25	2.4	24.6	1	0.75 x 2.11	23.0175
2	Galley	10.35	2.4	24.84	1	0.75 x 2.11	23.2575
3	Boy & Cook	5.9	2.4	14.16	1	0.75 x 2.11	12.5775
4	Elect. Store	4.55	2.4	10.92	1	0.75 x 2.11	9.3375
5	Dry prov. store	6.05	2.4	14.52	2	0.75 x 2.11	11.365
6	Rope store	6	2.4	14.4	0	0.75 x 2.11	14.4
7	Wet store	16.75	2.4	40.2	3	0.75 x 2.11	35.4525
8	CO2 room	8.5	2.4	20.4	0	0.75 x 2.11	20.4
9	Mail room	5.6	2.4	13.44	1	0.75 x 2.11	11.8575
10	Toilet crew	11.75	2.4	28.2	2	0.75 x 2.11	25.035
11	Cadet room	6.5	2.4	15.6	1	0.75 x 2.11	14.0175
12	Sailor room	6.5	2.4	15.6	1	0.75 x 2.11	14.0175
13	Quarter Master	8.45	2.4	20.28	1	0.75 x 2.11	18.6975
14	Tally off.	3.9	2.4	9.36	1	0.75 x 2.11	7.7775
15	Oiler	15.6	2.4	37.44	2	0.75 x 2.11	34.275

18 pintu 275.475 m²* Total luas pada upper deck yang akan diganti dengan FRP sandwich adalah : 275.475 m²* Jumlah pintu 18 buah, dengan ukuran 0.75 x 2.11 m²

Frame for upper deck

No.	Bagian	Ukuran	Banyaknya	Panjang	Total panjang
1	Inner wall				
	*Stiffener	75x75x9	15	2.4	36
	*Stiffener	75x75x6	134	2.4	321.6

357.6 meter

Poop Deck side plating

No.	Nama Bagian	Panjang	Tinggi	Luas	Jml Pintu	Uk. Pintu	Total
1	Off. Mess room	6.65	2.4	15.96	1	0.75 x 2.11	14.3775
2	Off. Salon room	7.7	2.4	18.48	1	0.75 x 2.11	16.8975
3	Pantry	5.25	2.4	12.6	1	0.75 x 2.11	11.0175
4	Third Off.	6.25	2.4	15	1	0.75 x 2.11	13.4175
5	Third Eng.	6.25	2.4	15	1	0.75 x 2.11	13.4175
6	Store	2	2.4	4.8	0	0.75 x 2.11	4.8
7	Toilet & Lavatory	12.6	2.4	30.24	4	0.75 x 2.11	23.91

9 pintu 97.8375 m²* Total luas pada poop deck adalah = 97.8375 m²

* Pintu yang ada 9 pintu, dengan ukuran 0.75 x 2.11

Frame for Poop Deck

No.	Bagian	Ukuran	Banyaknya	Panjang	Total panjang
1	Inner wall				
	*Stiffener	150x90x9	1	2.4	2.4
	*Stiffener	75x75x6	28	2.4	67.2
	*I beam	75x9	20	2.4	48

117.6 meter

Boat Deck Side Plating

No.	Nama Bagian	Panjang	Tinggi	Luas	Jml Pintu	Uk. Pintu	Total
1	First Eng. room	5.25	2.4	12.6	1	0.75 x 2.11	11.0175
2	Chief off.	5.25	2.4	12.6	1	0.75 x 2.11	11.0175
3	Second off.	2.1	2.4	5.04	1	0.75 x 2.11	3.4575
4	Second Eng.	2.1	2.4	5.04	1	0.75 x 2.11	3.4575
5	Toilet	13	2.4	31.2	4	0.75 x 2.11	31.2
6	Bath room	8.5	2.4	20.4	2	0.75 x 2.11	17.235
					10		77.385 m ²

* Total luas pada Boat deck adalah = 77.385 m²

* Pintu yang ada 10 buah, dengan ukuran 0.75 x 2.11 m²

Frame for Boat Deck

No.	Bagian	Ukuran	Banyaknya	Panjang	Total panjang
1	Inner wall				
	*Stiffener	150x90x9	2	2.4	4.8
	*Stiffener	75x75x6	24	2.4	57.6
	*I beam	75x9	26	2.4	62.4
					124.8 meter

Bridge Deck side plating

No.	Nama Bagian	Panjang	Tinggi	Luas	Jml Pintu	Uk. Pintu	Total
1	Chief Eng.	13	2.4	31.2	2	0.75 x 2.11	28.035
2	Radio off.	4.5	2.4	10.8	1	0.75 x 2.11	9.2175
3	Spare	4.5	2.4	10.8	1	0.75 x 2.11	9.2175
4	Toilet	17.4	2.4	41.76	5	0.75 x 2.11	33.8475
5	Lavatory	4	2.4	9.6	1	0.75 x 2.11	8.0175
6	Captain room	13	2.4	31.2	2	0.75 x 2.11	28.035
					12	pintu	116.37 m ²

* Total luas pada Bridge deck adalah = 116.37 m²

* Pintu yang ada 12 buah, dengan ukuran 0.75 x 2.11 m²

Frame for Bridge Deck

No.	Bagian	Ukuran	Banyaknya	Panjang	Total panjang
1	Inner wall				
	*Stiffener	75x75x9	2	2.4	4.8
	*Stiffener	75x75x6	44	2.4	105.6
	*I beam	75x9	12	2.4	28.8
					139.2 meter

Navigation Deck side plating

No.	Nama Bagian	Panjang	Tinggi	Luas	Jml Pintu	Uk. Pintu	Total
1	Whell house	10	2.4	24	2	0.75 x 2.11	20.835
2	Radio space	7.85	2.4	18.84	2	0.75 x 2.11	15.675
3	Toilet	5.5	2.4	13.2	2	0.75 x 2.11	10.035
					6	pintu	46.545

* Total luas pada Navigation deck adalah = 46.545 m²

* Pintu yang ada 6 buah, dengan ukuran 0.75 x 2.11 m²

Frame for Navigation Deck

No.	Bagian	Ukuran	Banyaknya	Panjang	Total panjang
1	Inner wall				
	*Stiffener	75x75x9	5	2.4	12
	*1 beam	75x9	29	2.4	69.6

81.6 meter

Upper Deck

Panel Sandwich	Material	Serat			Resin			Laminasi kulit		Core			Total FRP Panel Sandwich		
		Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Luas (m ²)	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²
Kulit luar	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				275.475	250.4343	1592536.9
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				275.475	661.14	15073992
Core	Divinycell									45%	1.5	103095	275.475	413.2125	42600143.69
t=15 mm	H-100GS														
Kulit dalam	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				275.475	250.4343	1592536.9
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				275.475	661.14	15073992

Total Berat (Kg) = 2236.3611

Total Harga (Rp) = 75933201.49

Poop Deck

Panel Sandwich	Material	Serat			Resin			Laminasi kulit		Core			Total FRP Panel Sandwich		
		Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Luas (m ²)	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²
Kulit luar	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.909	6359.1				97.837	88.933833	622155.2667
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				97.837	234.8088	2230683.6
Core	Divinycell									45%	1.5	103095	97.837	146.7555	10086505.52
t=15 mm	H-100GS														
Kulit dalam	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.909	6359.1				97.837	88.933833	622155.2667
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				97.837	234.8088	2230683.6

Total Berat (Kg) = 794.240766

Total Harga (Rp) = 15792183.25

Boat Deck

Panel Sandwich	Material	Serat			Resin			Laminasi kulit		Core			Total FRP Panel Sandwich		
		Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Luas (m ²)	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²
Kulit luar	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				71.056	64.5970096	451852.2096
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				71.056	170.5344	1620076.8
Core	Divinycell									45%	1.5	103095	71.056	106.584	7325518.32
t=15 mm	H-100GS														
Kulit dalam	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				71.056	64.5970096	451852.2096
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				71.056	170.5344	1620076.8

Total Berat (Kg) = 576.8468192

Total Harga (Rp) = 11469376.34

Bridge Deck

Panel Sandwich	Material	Serat			Resin			Laminasi kulit		Core			Total FRP Panel Sandwich		
		Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Luas (m ²)	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²
Kulit luar	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				116.37	105.791967	740008.467
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				116.37	279.288	2653236
Core	Divinycell									45%	1.5	103095	116.37	174.555	11997165.15
t=15 mm	H-100GS														
Kulit dalam	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				116.37	105.791967	740008.467
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				116.37	279.288	2653236

Total Berat (Kg) = 944.714934

Total Harga (Rp) = 18783654.08

LAMPIRAN IIB (NEBULUFAN INT SANDWICH DECK)

Navigation Deck

Panel Sandwich	Material	Serat			Resin			Laminasi kulit		Core			Total FRP Panel Sandwich		
		Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Fraksi berat	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²	Luas (m ²)	Berat Kg/m ²	Harga Rp/m ²
Kulit luar	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				46.545	42.3140595	295984.3095
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				46.545	111.708	1061226
Core	Divinycell									45%	1.5	103095	46.545	69.8175	4798556.775
t=15 mm	H-100GS														
Kulit dalam	Mat 300	33%	0.3	2400	67%	0.609	3959.1	0.9091	6359.1				46.545	42.3140595	295984.3095
t = 2.0 mm	ETM 1200	50%	1.2	15000	50%	1.2	7800	2.4	22800				46.545	111.708	1061226

Total Berat (Kg) = 377.851619

Total Harga (Rp) = 7512977.394

LAMPIRAN I.B
NEBU I UHAN IN SANDWICH (EN DECK)

Tabel Berat dan Harga FRP Panel Sandwich

no.	Nama Deck	Berat (Kg/m ²)			Luas Panel FRP Sandwich	Berat	Harga
		Serat	Resin	core			
1	Upper deck	3	3.618	1.5	275.475	2236.30605	75933201.49
2	Poop deck	3	3.618	1.5	97.837	794.240766	15792183.25
3	Boat deck	3	3.618	1.5	71.056	576.832608	11469376.34
4	Bridge deck	3	3.618	1.5	116.37	944.69166	18783654.08
5	Navigation deck	3	3.618	1.5	46.545	377.85231	7512977.394

Total Berat (Kg)

4929.923394

Total Harga (Rp)

129491392.6

Tabel Kebutuhan Baja pada Pembangunan Superstructure

No.	Seksi	Berat (Kg)	
1	PS1 + PP1	P/S	29.556
2	PS2 + PP2	P/S	30.582
3	PP 3C		1.808
4	BO 1	P/S	17.716
5	BO 2	P/S	17.544
6	BR 1	P/S	11.149
7	BR 2 CR		5.441
8	NV 1	P/S	14.501
9	CO		7.299
10	FU		6.655
11	RTM		1.287

Total 143.538 Kg

Rencana JO pada Bengkel Fabrikasi

No.	Seksi		Berat (Kg)	Marking	Bending	Cutting	Transp.	Total
1	PS1 + PP1	P/S	29.556	118	295	177	59	649
2	PS2 + PP2	P/S	30.582	122	306	184	61	673
3	PP 3C		1.808	7	18	11	4	40
4	BO 1	P/S	17.716	71	177	106	35	389
5	BO 2	P/S	17.544	70	175	105	35	385
6	BR 1	P/S	11.149	45	112	67	22	246
7	BR 2 CR		5.441	22	54	33	11	120
8	NV 1	P/S	14.501	58	145	87	29	319
9	CO		7.299	29	73	44	15	161
10	FU		6.655	27	67	40	13	147
11	RTM		1.287	5	13	8	3	29

Total**3158 JO****Rencana JO pada Bengkel Sub Assembly**

No.	Seksi		Berat (Kg)	Marking	Bending	Cutting	Transp.	Total
1	PS1 + PP1	P/S	29.556	1014.9	295	1421	74	2804.9
2	PS2 + PP2	P/S	30.582	963.8	306	1349	76	2694.8
3	PP 3C		1.808	76.6	18	107	4	205.6
4	BO 1	P/S	17.716	431.7	177	604	44	1256.7
5	BO 2	P/S	17.544	86.5	175	121	44	426.5
6	BR 1	P/S	11.149	339.5	111	475	28	953.5
7	BR 2 CR		5.441	110.2	54	154	13	331.2
8	NV 1	P/S	14.501	578.2	145	809	36	1568.2
9	CO		7.299	352.8	73	494	18	937.8
10	FU		6.655	153.2	66	214	16	449.2
11	RTM		1.287	78.8	13	110	3	204.8

Total**11833.2 JO**

Rencana JO pada Bengkel Assembly

No.	Seksi		Berat (Kg)	Marking	Bending	Cutting	Transp.	Total
1	PS1 + PP1	P/S	29.556	1618.3	502	59	1780	3959.3
2	PS2 + PP2	P/S	30.582	1706.3	520	61	1877	4164.3
3	PP 3C		1.808	81.9	31	4	90	206.9
4	BO 1	P/S	17.716	589.9	301	35	649	1574.9
5	BO 2	P/S	17.544	624.7	298	35	687	1644.7
6	BR 1	P/S	11.149	489.9	189	22	539	1239.9
7	BR 2 CR		5.441	257.3	92	11	283	643.3
8	NV 1	P/S	14.501	1163.8	246	29	1280	2718.8
9	CO		7.299	632.2	124	14	695	1465.2
10	FU		6.655	426	113	13	488	1020
11	RTM		1.287	0	22	3	0	25

Total 18662.3 JO

Rencana JO pada Bengkel Erection

No.	Seksi		Berat (Kg)	Las Material	Ajus	Fitting	Fearing	Welding	Transp.	Total
1	PS1 + PP1	P/S	29.556	168.8	148	591	59	966.8	59	1992.6
2	PS2 + PP2	P/S	30.582	199	153	611	61	1024	61	2109
3	PP 3C		1.808	39.6	9	36	4	88.6	4	181.2
4	BO 1	P/S	17.716	118.7	88	354	35	595.7	35	1226.4
5	BO 2	P/S	17.544	68.1	88	350	35	541.1	35	1117.2
6	BR 1	P/S	11.149	67	56	223	22	368	22	758
7	BR 2 CR		5.441	38.2	27	109	11	185.2	11	381.4
8	NV 1	P/S	14.501	123.8	72	290	29	371	29	914.8
9	CO		7.299	90	36	146	14	270	14	570
10	FU		6.655	43.2	33	133	13	129	13	364.2
11	RTM		1.287	16.7	6	26	3	50	3	104.7

Total 9719.5 JO

Standar Kerja pada Bengkel

Bengkel	Standar Kerja
Fabrikasi	
* Marking	4 JO/T
* Cutting	6 JO/T
* Bending	10 JO/T
* Transport	2 JO/T
Sub Assembly	
* Fitting	10 JO/T
* Welding	1.4 JO/T
* Transport	2.5 JO/T
Assembly	
* fitting	17 JO/T
* Fearing	2 JO/T
* Welding	1.2 JO/T
* Transport	2 JO/T
Erection	
* Ajusting	5 JO/T
* Fitting	20 JO/T
* Fearing	2 JO/T
* Welding	3 JO/T

Tabel harga material

Material	Harga (Rp.)
Chopped Strand Mat 300	2400 / m ²
Chopped Strand Mat 450	3600 / m ²
Woven Roving 400	4000 / m ²
Woven Roving 800	8000 / m ²
Triaxial	15000 / m ²
Divilette 600	4500 / kg
Poliester resin Yukalac 157 BQTN-EX	6500 / kg

Divinacell, Asia Distributor Price List
 In USD Per Metre Square
 Ex Works Descto Texas
 Price Effective From 1/4/96

GRID SCORED

GRADE	H 45 GS	H 60 GS	H 80 GS	H 100 GS	H 130 GS
SHEETSIZE	1220 X 810	1220 X 810	1220 X 910	1000 X 910	900 X 880
SQMSHEET	0.99	0.99	0.99	0.8	0.79
Thickness					
6 mm	\$13.96	\$15.07	\$18.08	\$25.15	\$29.39
10 mm	\$17.56	\$19.14	\$23.98	\$36.44	\$39.92
12 mm	\$19.77	\$22.04	\$24.99	\$36.54	\$47.60
15 mm	\$22.95	\$24.02	\$29.19	\$45.82	\$60.10
20 mm	\$28.34	\$32.00	\$37.76	\$53.39	\$70.43
25 mm	\$31.70	\$35.98	\$44.30	\$64.53	\$85.39
30 mm	\$38.88	\$45.97	\$48.73	\$75.48	\$100.31
35 mm	\$41.30	\$44.31	\$58.11	\$94.82	\$115.28
40 mm	\$45.06	\$52.79		\$97.34	\$130.20

Catatan \$ 1 = Rp. 2250

MAIN DIMENSIONS

NGTH O.A	98.00 M
NGTH P.P	92.15 M
EAOTH MOULDED	16.50 M
PTH MOULDED	7.80 M
AFT MOULDED	5.40 M

CLASS	KI
LOADWEIGHT	3.650 M.TON
CONTAINER	115 TEU
IN ENGINE	MAN B&W 5S26MC ISET
	MCR 2.050 PS X 207 RPM
	NSR 1.740 PS X 196 RPM


SERVICE SPEED	11.90 KNOTS
(AT NSR WITH 15% SH)	

IMPLEMENT

CAPTAIN CLASS	2
OFFICER CLASS	7
POFF CLASS	8
CREW CLASS	2
CADET CLASS	2
TOTAL	21

SPARE 2P (1-CABIN)

FINISHED PLAN

PROJECT NAME CARAKA JAYA NIAGAM-23 (SEMI CONTAINER)	PROJECT NO M 104
DRAWING NAME GENERAL ARRANGEMENT	OWNER : PT. PANN
	CLASS : K I
	DESIGNER : PT PAL
	GROUP : BASIC DESIGN
	SCALE : 1:250
	SIZE : A1
	SHEET 1 OF 01
	DRAWING NO 1000051

PLOT BY CALUP

2



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER