

PEMBUATAN PERAHU NELAYAN BERBAHAN KOMPOSIT *SANDWICH* DENGAN TEKNIK *HAND LAY UP*

MANUFACTURE OF COMPOSITE SANDWICH FISHING BOAT WITH THE HAND LAY UP TECHNIQUE

Agus Dwi Catur & Salman

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62 Mataram 83000 Telp 0370636087 fax 0370636523

e-mail : agus_dc1@yahoo.co.id

Diterima tanggal: 15 Desember 2016; diterima setelah perbaikan: 13 Agustus 2020 ; Disetujui tanggal: 13 Agustus 2020

ABSTRAK

Perahu kayu masih mendominasi sebagai alat mencari ikan oleh nelayan. Semakin mahalnya dan terbatasnya kayu membuat perahu kayu menjadi mahal. Diperlukan perahu yang ringan setara dengan perahu kayu tetapi tetap kuat sebagai alternatif penggantinya. *Prototype* perahu berbahan komposit *sandwich* dengan penguat serat bambu-fiberglass dan dengan *core* berupa *polyurethane* rigid foam telah dirancang dan dibuat dengan teknik *hand lay up*. Cara pembuatan perahu, jumlah material, alat yang dipakai, jumlah tenaga kerja dipelajari dan dihitung agar dapat dipakai sebagai acuan dalam memproduksi perahu berbahan komposit *sandwich*. Bahan *core* lambung perahu nelayan dibuat dengan mereaksikan *polyisocyanate* dan *polyol* cair yang membentuk *polyurethane* foam di dalam cetakan. Sedangkan skin lambung perahu dibuat dengan melaminasi *core* lambung perahu dengan komposit resin diperkuat fiber glass dan anyaman bambu. Bagian utama perahu yang dibuat dari kayu adalah baruyungan dan dudukannya, tiang pancang layar, dudukan mesin, sedangkan cadik dibuat dari pralon PVC. Jumlah bahan, peralatan serta jumlah orang yang diperlukan pada setiap tahap pembuatan perahu ditabulasikan pada tulisan ini. Teknik *hand lay up* sangatlah sederhana, tidak memerlukan peralatan yang banyak maupun canggih sehingga mudah diterapkan bahkan oleh nelayan tradisional. Bahan untuk membuat perahu nelayan berbahan komposit *sandwich* juga mudah di dapat dan dalam jumlah yang tidak banyak dengan harga yang terjangkau. Pengerjaan pembuatan perahu nelayan berbahan komposit *sandwich* dengan teknik *hand lay up* memerlukan tenaga manusia sebanyak 12 orang hari.

Kata kunci: komposit *sandwich*, *hand lay up*, perahu.

ABSTRACT

The wooden boats are still dominating as transport equipment to fishing. The more expensive and limited wood to make wooden boats to be expensive. Required lightweight boat similar to wooden boats but still strong as alternatives. Prototype boat made of sandwich composite has been designed and made by hand lay-up techniques. Ways of making boats, the amount of material, equipment used, the number of workers studied and calculated to be used as reference in producing boats made of sandwich composite. Sandwich hull is made of polyurethane rigid foam and laminated by skin composite. Sandwich core prepared by reacting polyisocyanate and polyol liquid, and polyurethane rigid foam formed in the mold. The skin is made by laminating sandwich core with glass fiber and woven bamboo reinforced resin composites. The main part boat made of wood is baruyungan and its holder, piling screen, the engine support, while the outrigger is made of PVC pralon. The amount of material, equipment, the number of people required at each stage of manufacture of the boat are tabulated in this article. Hand lay up techniques is very simple, does not require advanced equipment and so many easily implemented even by traditional fishermen. Materials for making fishing boats made of composite sandwich is also accessible and in an amount which is not much at an affordable price. Manufacturing of sandwich composites fishing boat with hand lay up technique requires human labor as many as 12 people a day.

Keywords: *sandwich composites, hand lay up, boat.*

PENDAHULUAN

Jenis alat transportasi yang realistis yang dipakai penduduk untuk menghubungkan pulau-pulau kecil yang berdekatan adalah perahu. Selain untuk penghubung antar pulau kecil (*gili*) sebagai pengangkut penumpang dan barang, perahu digunakan oleh nelayan untuk mencari ikan. Perahu kayu sudah dikenal dan dikembangkan sejak nenek moyang. Perahu yang berukuran kecil kurang dari 5 Gross Ton dengan harga terjangkau menjadi pilihan nelayan kecil untuk mencari ikan di daerah 10 mil dari pantai (*mikrofishing*). Perahu ini digerakan mesin dengan poros panjang yang ditempel pada dudukannya di atas perahu. Perahu kecil yang digunakan nelayan tradisional di Nusa Tenggara Barat adalah perahu ketinting yaitu perahu dengan penggerak mesin as panjang yang disebut mesin ketinting. Pengoperasian perahu ini menjadi pilihan nelayan kecil untuk menangkap ikan di sekitar pantai karena tidak memerlukan ijin operasi dan retribusi.

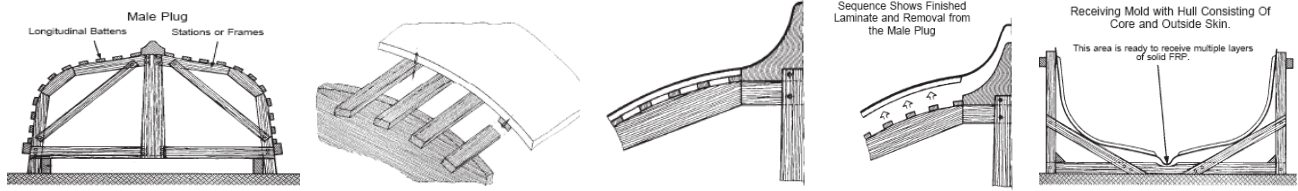
Perahu berbahan *non*-kayu dikembangkan untuk menggantikan perahu kayu. Hal ini sejalan dengan isu pengundulan hutan yang meluas, maka penggunaan kayu sebagai perahu harus ditekan. Upaya penghematan kayu harus dilakukan termasuk dalam pembuatan perahu dan kapal. Umur perahu kayu kualitas rendah sangat pendek, hanya dalam 5 tahun sudah harus mengalami perbaikan besar karena pelapukan. Beberapa bahan yang telah dipakai untuk perahu selain kayu antara lain adalah baja, aluminium, komposit plastik diperkuat fiber glass (*glass fiber reinforced plastic*/GFRP). Aluminium dan baja yang mempunyai berat jenis sangat tinggi dibandingkan air laut. Aluminium mempunyai berat jenis 2.700 kg/m^3 , sedangkan baja mempunyai berat jenis 7.850 kg/m^3 . Selain itu bahan logam untuk perahu memerlukan perawatan yang ekstra ketat karena mempunyai sifat korosif. GFRP mempunyai kekuatan tarik mencapai 800 MPa pada kandungan fraksi volume fiber glass maksimal 70% (materials sciences corporation, 2002). Berat jenis GFRP dapat mencapai $1.400\text{-}1.990 \text{ kg/m}^3$ (East coast, 2013) lebih besar daripada berat jenis air laut 1030 kg/m^3 sehingga perahu dengan bahan GFRP akan tenggelam di laut jika mengalami kebocoran, pecah, atau terisi air karena terkena ombak besar. Perahu kayu akan mengapung walaupun perahu pecah, karena berat jenis kayu rata-rata lebih kecil dari berat jenis air laut yaitu sekitar 620 kg/m^3 (Catur, 2009).

Kekuatan tekan bambu utuh antara 47 - 93,6 MPa pada arah longitudinal dengan modulus elastisitas bending

(MOE) dapat mencapai 7,7-19,6 GPa (Xiaobo Li, 2004). Kekuatan tersebut lebih tinggi jika bambu dibuat menjadi strip-strip yang disatukan dengan matrik membentuk komposit. Komposit polimer yang diperkuat dengan anyaman bambu adalah bahan yang terdiri dari lapisan-lapisan strip anyaman bambu yang disatukan dengan matrik berupa resin. Bambu secara langsung berupa batang sudah banyak digunakan untuk komponen struktur seperti rangka rumah, jembatan, furniture, kentongan dan lainnya. Batang bambu yang kering mampu dibelah menjadi sangat tipis dan kemudian dianyam. Produk strip bambu yang mempunyai nilai seni adalah yang biasanya dibuat anyaman untuk berbagai macam barang rumah tangga, dinding, dan furniture. Produk-produk tersebut disukai karena mempunyai nilai seni, ramah lingkungan, food grade dan juga ramah terhadap manusia (Bansal *et al.*, 2002). Untuk menguatkan bahan matrik seperti *epoxy*, *polyester* maupun dengan *polypropilen*, bambu harus dibuat dalam bentuk strip ataupun serat (Thwe *et al.*, 2002; Jain *et al.*, 1992). Serat bambu dapat berfungsi sebagai material alternatif untuk menggantikan serat-serat sintesis bila diolah dan diproses menjadi komposit. Kekuatan strip bambu lebih tinggi daripada dalam bentuk batang bambu utuh (Shukla *et al.*, 1988).

Untuk mendapatkan perahu yang ringan tetapi kaku dan kuat harus diaplikasikan bahan yang ringan kaku dan kuat yaitu komposit *sandwich*. Konsep struktur panel yang terdiri dari dua laminat paralel tipis mengapit *core* merupakan struktur komposit *sandwich* yang umum diterapkan. Laminat paralel tipis dengan modulus elastisitas tinggi sebagai kulit digabung dengan *core* yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat dan ringan. Panel komposit *sandwich* dengan inti *polyurethane* rigid foam dilapisi kulit yang dikuatkan dengan anyaman bambu-fiber glass telah dibuat dan diuji kekuatannya (Catur, 2014). Kulit komposit berupa laminat dengan fraksi volume 15 % fiberglass - 15% anyaman bambu mempunyai kekuatan tarik $15,3 \text{ kg/mm}^2$ (setara 150 MPa). Hal ini memenuhi kekuatan tarik yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia untuk kapal berbahan resin yang dikuatkan fiberglass yaitu sebesar 10 kg/mm^2 (setara 98 MPa).

Teknik membuat lambung perahu komposit *sandwich* yang telah dilakukan industri perkapalan saat ini adalah menempelkan *core* pada cetakan dengan paku atau sekrup. Bahan *core* dipanaskan dan dilengkungkan pada cetakan sehingga kelengkungan *core* mengikuti cetakan. Setelah *core* terbentuk menjadi lambung, kemudian laminasi untuk membuat kulit lambung luar



Gambar 1. Detail konstruksi sandwich dalam pencetakan.
 Figure 1. Detailed Construction Sandwich in manufacturing.
 Sumber: Greene E.,1999

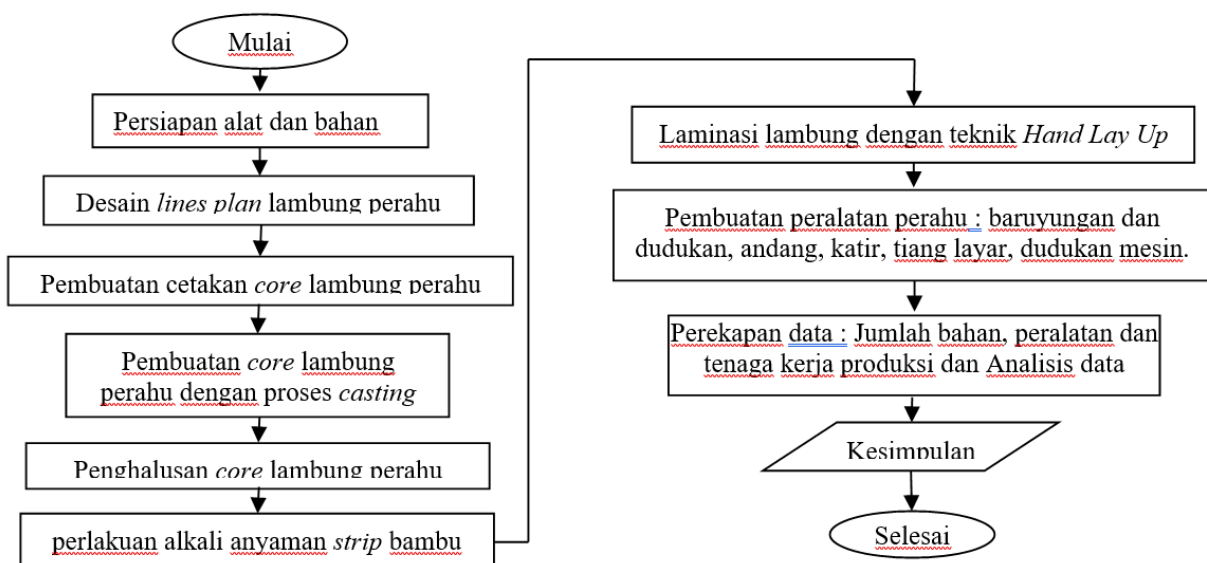
maupun kulit lambung dalam Urutan proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Proses laminasi dapat dilakukan dengan berbagai teknik yaitu : *hand lay up*, *spray up*, *compression molding*, *filamen winding*, *pultrusion*, *vacuum bag molding*, *autoclave molding*, *resin transfer molding*.

Penerapan komposit sandwich pada pembuatan perahu dan teknik pembuatannya yang lebih mudah dikaji agar penerapan oleh masyarakat industri maupun nelayan kecil cepat terlaksana. Teknik *hand lay up* adalah teknik yang mudah dilakukan bahkan oleh orang yang baru belajar memproduksi komposit GFRP. Pada tulisan ini dibahas pencetakan core perahu, dan teknik *hand lay up* untuk melaminasi core perahu membentuk kulit sandwich perahu. Jumlah bahan, peralatan yang dipakai dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan dibahas pada tulisan ini agar dapat dimanfaatkan oleh khalayak masyarakat industri maupun nelayan kecil sebagai acuan.

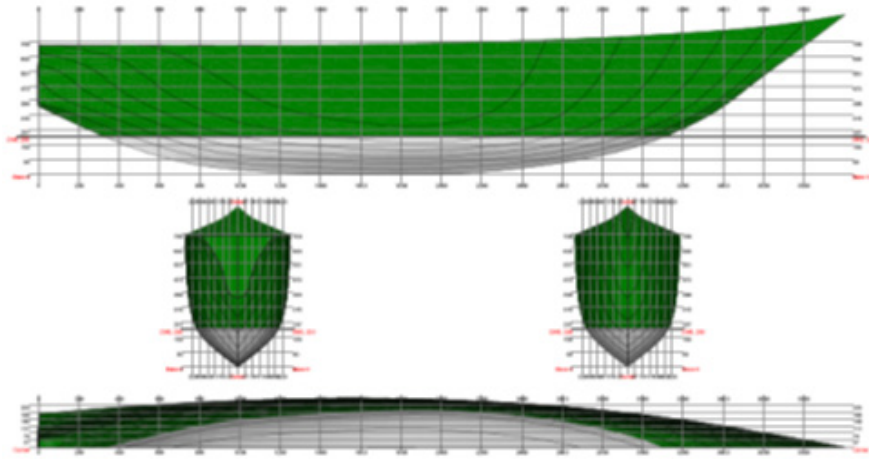
Urutan pelaksanaan penelitian dituangkan dalam diagram alur penelitian Gambar 2. Penelitian dimulai dari persiapan alat dan bahan yang dipakai untuk mencapai tujuan penelitian ini yaitu: kertas HVS, spidol, ballpoint, kertas minyak, penggaris 1 m, multipleks 12 mm, tripleks melamin 2 mm, kayu usuk, paku, pilles 2,5 cm, gergaji mesin, ember 10 lt, polyol (*polyurethane A-side*), *polyisocyanate (polyurethane B-side)*, ember, timbangan, takaran volume, mesin pengaduk, mesin serut, mesin gerinda tangan, resin polyester yukalac 157, hardener, fiber glass 200 gr/m², anyaman strip bambu, amplas, mata gerinda, capi plastik, kuas 2,5", kuas rol, talk, pigmen kuning, thinner, cat.

Desain *lines plan* perahu dibuat berdasarkan survei kepada nelayan bahwa perahu ketinting yang mereka harapkan adalah perahu yang ramping ringan sehingga dapat ditarik oleh dua orang nelayan sewaktu turun melaut maupun mendarat. Perahu nelayan didesain dengan panjang 4 meter, lebar 0,52 meter dan tinggi 0,8 meter seperti terlihat *lines plan* pada Gambar

BAHAN DAN METODE



Gambar 2. Diagram alur penelitian.
 Figure 2. Flow chart of the study.



Gambar 3. *Lines plan* perahu yang dikembangkan.

Figure 3. *Lines plan* of developed boat.

Sumber: Dokumentasi pribadi

3. *Lines plan* dibuat dengan program *delftship versi free 6.27.259*. *Lines plan* pandangan depan kemudian dicetak dengan skala 1 : 1 yang merupakan mal frame cetakan *core* lambung perahu (Gambar 4a). Bila printer tidak memadai maka untuk memudahkan dalam pencetakan dapat dilakukan pencetakan sepotong-sepotong kemudian disatukan.

Langkah penelitian berikutnya adalah pembuatan cetakan *core* lambung perahu, pembuatan *core* lambung perahu dengan proses casting, penghalusan *core* lambung perahu, perlakuan alkali anyaman strip bambu, laminasi lambung dengan teknik *Hand lay up*. Dalam setiap tahapan tersebut harus selalu dicatat jenis dan jumlah bahan yang dipakai, jenis dan jumlah peralatan yang dipakai serta jumlah tenaga manusia. Pembuatan perahu berjumlah 3 buah dengan cetakan *core* yang sama. Dari ketiga pembuatan perahu tersebut, perekapan data rata-rata dilakukan untuk menentukan total jenis dan jumlah bahan, jenis dan jumlah peralatan serta jumlah tenaga kerja untuk memproduksi perahu berbahan komposit *sandwich*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini *core* lambung perahu dibuat bukan dengan cara menempel foam seperti metode yang diungkapkan oleh Greene (1999) tetapi dengan cara mencetaknya. Cara ini mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

- Biaya pengangkutan dan penyimpanan bahan lebih murah karena *polyurethane* dalam keadaan cair yang kemudian dicetak menjadi *core* perahu dalam bentuk foam. Sedangkan metode penempelan

membutuhkan lembaran *polyurethan* dengan volume bahan sudah besar.

- Tidak memerlukan panas untuk membuat *core* perahu, sedangkan pada metode penempelan membutuhkan panas untuk melengkungkan *polyurethan foam*.
- *Core* perahu yang tercetak utuh tanpa sambungan dan lebih halus. Sedangkan pada metode penempelan, *core* perahu merupakan lembaran *polyurethan foam* yang disambung-sambung sehingga tampak lekukan sambungan.
- Ketebalan bagian-bagian *core* perahu dapat diatur dengan mengatur rongga cetakan. Sedangkan pada metode penempelan, ketebalan *core* perahu diatur dengan menambal dan mengiris lembaran *polyurethan foam*. Sehingga metode pencetakan *core* perahu lebih menghemat bahan.
- Waktu pengerjaannya lebih singkat yaitu hanya dengan menuangkan *polyurethane* cair ke dalam cetakan dan terbentuklah *core* perahu *polyurethane foam*. Sedangkan pada metode penempelan *polyurethane foam* dengan mengikatnya ke cetakan memerlukan waktu yang lebih lama.

Metode pencetakan *core* perahu bukannya tanpa kekurangan. Polyol (*polyurethane A-side*) dan *polyisocyanate* (*polyurethane B-side*) yang merupakan bahan baku *polyurethane foam* adalah bahan yang mudah menguap sehingga butuh penanganan khusus dalam penyimpanannya. Namun pemakaian kedua bahan itu segera setelah dibuka penutup botolnya akan memberikan hasil yang sempurna.

Pencetakan *core* perahu dimulai dengan mencampur *polyisocyanate* dan polyol dengan perbandingan 1 : 1,



Gambar 4. Pembuatan cetakan luar *core* lambung perahu.
 Figure 4. Making the outside molds of the boat hull core.

Sumber: Dokumentasi pribadi

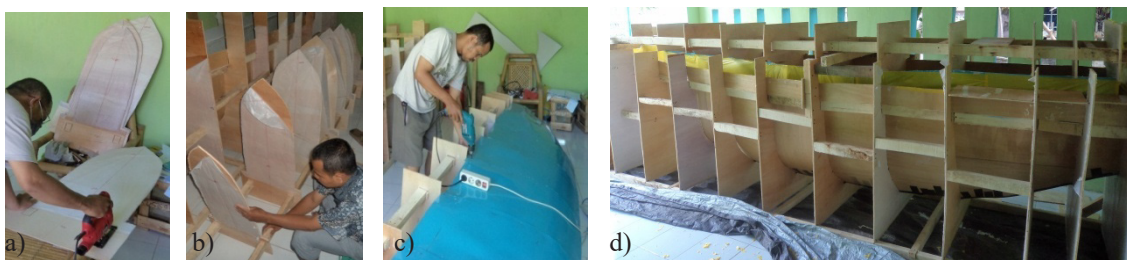
mengaduk dan menuangkan ke dalam cetakan. Cetakan *core* perahu terdiri dari cetakan dalam dan cetakan luar. Frame cetakan luar dibuat dari multipleks yang dibentuk dengan gergaji sesuai mal frame (Gambar 4b). Frame cetakan dirangkai pada rangka kayu 4cm x 6cm dengan jarak antar frame 40 cm (Gambar 4c). Panjang perahu 400 cm sehingga frame berjumlah 11. Cetakan *core* lambung perahu terbuat dari tripleks melamin yang ditempelkan pada frame cetakan mengikuti permukaan sisi tipis multiplek dan dipaku sehingga membentuk kontur lambung perahu bagian luar sesuai desain *lines plan* perahu (Gambar 4d). Demikian juga dengan cetakan dalam *core* lambung, frame dibuat dengan mengergaji multipleks yang telah ditempel mal frame (Gambar 5.a).

Core lambung perahu dirancang mempunyai ketebalan 25 mm sehingga mal frame lambung dalam merupakan mal frame lambung luar dikurangi 30 mm masuk ke dalam dengan tebal dua tripleks melamin 5 mm. Mal Frame di susun pada rangka kayu 4cm x 6 cm (Gambar 5.b). Kontur cetakan *core* lambung bagian dalam dibuat dengan tripleks melamin dilengkungkan mengikuti permukaan frame multiplek dan dipaku sehingga membentuk kontur lambung perahu bagian dalam (Gambar 5.c). Cetakan *core* lambung dalam dimasukkan ke cetakan *core* lambung luar untuk pengecekan ketebalan rongga diantara cetakan dalam dan luar (Gambar 5.d). Setelah terukur ketebalan yang

merata di seluruh bagian rongga cetakan maka letak cetakan dalam ditandai dengan garis sehingga cetakan dalam harus terletak di garis yang dibuat tersebut.

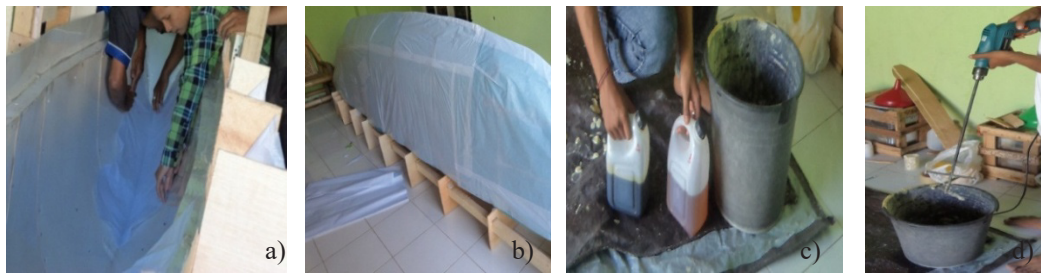
Kertas minyak ditempelkan pada cetakan luar *core* lambung (Gambar 6a) maupun ditempelkan di cetakan dalam *core* lambung dengan lem kertas (Gambar 6b). Penempelan kertas minyak bertujuan agar *polyurethane* rigid foam yang dicetak menjadi *core* lambung perahu tidak menempel di cetakan dan mudah diambil dari cetakan. *Polyurethane* rigid foam sebagai *core* lambung dibuat dengan mencampur, mengaduk dan menuangkan *polyisocyanate* dan polyol cair ke dalam cetakan. Perbandingan *polyisocyanate* dan polyol adalah 1 : 1. Volume rongga cetakan *core* lambung perahu 0,192 m³, untuk volume *polyurethane* rigid foam pengisi rongga tersebut diperlukan 1,92 liter *polyisocyanate* dan 1,92 liter polyol cair, namun perlu bahan yang lebih agar volume rongga cetakan *core* lambung dipastikan terisi semua oleh *polyurethane* foam. Kedua zat cair tersebut dituang pada wadah pengadukan yang sama (Gambar 6.c) kemudian diaduk dengan cepat agar terjadi reaksi (Gambar 6.d). Reaksi terjadi ditandai dengan keluarnya panas sampai bercampur sempurna dan mulai mengembang.

Saat campuran mengembang, campuran tersebut dituang ke dalam cetakan *core* lambung kapal (Gambar 7a). *Core* lambung kapal terbentuk sempurna setelah



Gambar 5. Pembuatan cetakan dalam *core* lambung perahu .
 Figure 5. Making the inside molds of the boat hull core.

Sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 6. a) Pelapisan kertas minyak pada cetakan luar *core* lambung b) Pelapisan kertas minyak pada cetakan dalam *core* lambung c) pencampuran *polyisocyanate* dan *polyol* d) Pengadukan campuran.

Figure 6. a) coat the paper in the outer hull core mold b) coat with a paper on the inner hull core mold c) mixing *polyisocyanate* and *polyol* d) stirring the mixture.

Sumber: Dokumentasi pribadi

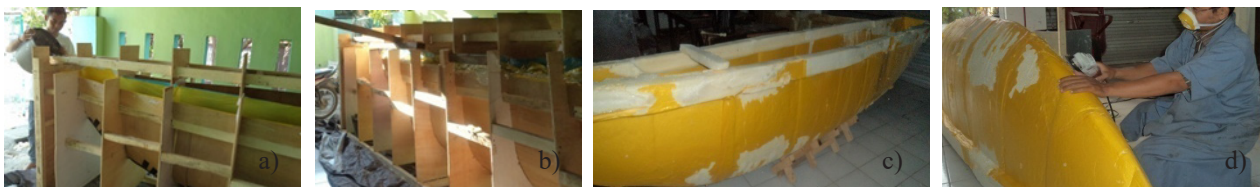
polyurethane foam mengeras, kemudian dapat dilakukan pembongkaran dengan cara mencungkil cetakan dalam (Gambar 7b). Setelah cetakan dalam dilepas dengan cara mencungkilnya kemudian dilakukan pengangkatan *core* lambung perahu (Gambar 7 c). Penghalusan *core* dilakukan dengan mesin serut dan amplas (Gambar 7d). Kehalusan permukaan *core* perahu akan membuat permukaan kulit lambung perahu hasil laminasi lebih halus. *Core* yang halus hanya membutuhkan resin yang sedikit untuk laminasi pertama, sedangkan *core* yang kasar membutuhkan resin yang lebih banyak pada laminasi pertama. Penghalusan lambung pada proses berikutnya juga lebih mudah jika *core* lambung sudah terlebih dahulu halus.

Perlakuan alkali anyaman bambu bertujuan agar lapisan lilin pada anyaman bambu dapat larut sehingga resin dapat melekat dengan baik pada anyaman bambu. Perlakuan alkali dilakukan dengan merendam anyaman bambu pada larutan NaOH. Anyaman bambu direndam dalam larutan 4% NaOH selama 2 jam didalam wadah terbuat dari plastik untuk menghilangkan lapisan lilin serat-serat bambu. Anyaman bambu kemudian dicuci dalam air mengalir untuk menghilangkan NaOH yang masih membasahi serat-serat bambu. Pengeringan dilakukan dengan menjemur anyaman bambu.

Setelah *core* perahu dihaluskan maka langkah berikutnya adalah laminasi *core* dengan komposit resin. Serat penguat dipotong agar dapat ditempelkan ke *core* (Gambar 8a). Penempelan serat penguat dilakukan dengan tidak membuat lipatan-lipatan pada serat untuk itulah dilakukan pengguntingan pada daerah kelengkungan yang tajam (Gambar 8 b). Penempelan anyaman bambu (Gambar 8 c) dapat merapat ke *core* sulit dilakukan maka harus dibantu perekatannya dengan lem *cyanocrylate etil* yang cepat mengering pada titik tertentu. Adapun susunan serat penguat lambung perahu ditabelkan pada tabel 1.

Serat fiber glass disusun di atas *core* perahu kemudian digunting sesuai ukuran lambung, demikian juga anyaman bambu disusun dan dipotong. Urutan susunan serat penguat seperti pada Tabel 1. Kulit lambung luar terdiri dari 7 lapis serat penguat. Kulit lambung luar bagian bawah diberikan penguat yang lebih banyak yaitu ditambah dengan dua lapis fiberglass 200 gr/m² karena bagian inilah yang menerima momen lengkung ketika perahu menahan beban ombak. Sedangkan penguat kulit lambung bagian dalam terdiri dari tiga lapis penguat yaitu fiberglass - anyaman bambu - fiberglass.

Laminasi pertama dilakukan untuk membuat kulit lambung luar bagian bawah dengan penguat fiberglass



Gambar 7. a) Penuangan *polyurethane* foam ke dalam cetakan; b) Pengambilan *core* perahu dari cetakan; c) *core* perahu yang sudah tercetak; d) Penghalusan *core* perahu dengan amplas.

Figure 7. a) Casting *polyurethane* foam into a mold; b) retrieval boat core from the mold; c) core that has made; d) Core smoothing with sandpaper.

Sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 8. Penempelan serat penguat pada lambung perahu.

Figure 8. Attaching reinforcing fibers on the hull boat.

Sumber: Dokumentasi pribadi

200 gr/m² panjang 4 meter lebar 0,4 meter (Gambar 9b). Resin yang dioleskan ke fiberglass telah dicampur dengan hardener 1% (Gambar 9a). Resin di tuang diatas permukaan fiberglass diratakan sambil ditekan-tekan menggunakan kuas rol maupun kapi plastik (Gambar 9c). Sebagai patokan fraksi volume fiberglass setiap pelapisan adalah 30 % namun volume resin yang dioleskan perlu ditambah ketika terjadi banyak *void*. *Void* ditandai dengan warna fiberglass yang masih putih, maka resin ditambahkan pada bagian yang masih putih dan di tekan-tekan dengan capi sehingga berwarna bening (Gambar 9d). Berat resin dan berat serat penguat yang dipakai untuk laminasi pertama tertuang dalam Tabel 1 baris pertama.

Pelapisan kedua dilakukan pada seluruh permukaan *core* lambung bagian luar. Sama seperti pada pelapisan pertama, sebagai patokan fraksi volume fiberglass setiap pelapisan adalah 30 % namun volume resin yang dioleskan perlu ditambah ketika terjadi banyak *void*, resin ditambahkan pada bagian yang masih putih dan

di tekan-tekan dengan capi sehingga berwarna bening. Berat resin dan berat serat penguat yang dipakai untuk laminasi kedua tertuang pada Tabel 1 baris kedua. Pelapisan kulit pada lambung bagian luar dilakukan sampai 7 lapis penguat, berat resin dan berat serat penguat yang dipakai untuk masing-masing laminasi tertuang pada tabel 1 nomor 1 sampai 7. Sebelum melapis lambung bagian dalam, kulit bagian luar harus kering (*curing*), membutuhkan waktu 12 jam agar proses curing berjalan sempurna. Pelapisan lambung kulit dalam dengan resin yang dikuatkan dengan penguat 3 lapis, adapun susunan penguatnya seperti dalam tabel 1 nomor pelapisan 8, 9 dan 10.

Untuk membuat kontur lambung perahu yang halus maka lambung perahu harus dilapisi dengan gel coat kemudian dihaluskan dengan amplas. Gel coat dibuat dari resin dicampur dengan *talk* dengan perbandingan volume 1 : 1 (Gambar 10 a). Kedua bahan di aduk sampai tercampur dengan homogen sempurna. Gel coat dioleskan dengan kapi plastik dan kuas rol pada

Tabel 1. Susunan serat penguat lambung perahu dan resin yang dibutuhkan

Table 1. Composition of the hull reinforcement fibers and resin needed

| No Pelapisan | Bahan Penguat | Berat Serat Penguat kulit lambung luar | | Berat Penguat kulit lambung dalam | Berat resin (gr) | |
|--------------|-------------------------------------|--|-------------|-----------------------------------|------------------|----------|
| | | Penguat Lambung | | | | |
| | | Atas Kiri | Bawah Kanan | | | |
| 1 | Fiber glass 200 gr/m ² | - | - | 320 | - | 382,6 |
| 2 | Fiber glass 200 gr/m ² | 480 | 480 | 320 | - | 1.530,5 |
| 3 | Fiber glass 200 gr/m ² | 480 | 480 | 320 | - | 1.320,9 |
| 4 | Anyaman bambu 600 gr/m ² | 1.440 | 1.440 | 960 | - | 1.6194,8 |
| 5 | Fiber glass 200 gr/m ² | 480 | 480 | 320 | - | 1.530,5 |
| 6 | Fiber glass 200 gr/m ² | 480 | 480 | 320 | - | 1.320,9 |
| 7 | Fiber glass 200 gr/m ² | - | - | 320 | - | 330,2 |
| 8 | Fiber glass 200 gr/m ² | - | - | - | 640 | 660,4 |
| 9 | Anyaman bambu 600 gr/m ² | - | - | - | 1.920 | 8.097,4 |
| 10 | Fiber glass 200 gr/m ² | - | - | - | 640 | 660,4 |

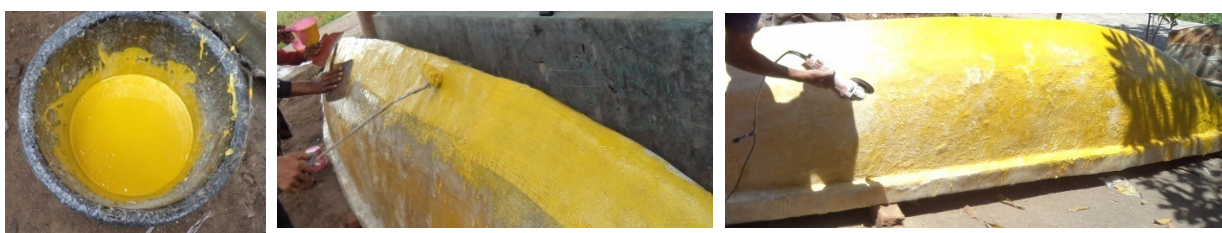


Gambar 9. Pelapisan *core* lambung membentuk kulit bagian luar dan dalam.
Figure 9. Core hull coating formed the outer and inner skin.
 Sumber: Dokumentasi pribadi

lambung perahu (Gambar 10 b), jumlah bahan tertuang dalam Tabel 2. Setelah gel coat kering lambung perahu diampelas agar halus dengan menggunakan amplas yang digerakkan dengan mesin tangan.

Baruyungan dan katir dibuat untuk menyeimbangkan perahu. Baruyungan dibuat dari kayu ukuran 8 cm x 12 cm x 400 cm melintang di atas perahu kemudian menyudut 450 menuju bawah terhubung dengan katir. Baruyungan yang mengarah ke bawah dibuat dari kayu ukuran 6 cm x 8 cm x 100 cm. Baruyungan arah horisontal dan arah menyudut kebawah dihubungkan dengan kayu 6 cm x 8 cm x 40 cm dengan lem epoxy dan tali senar warna transparan (tasik) ukuran nomor 2000. Baruyungan berfungsi untuk mengikat katir (Gambar 11a), ikatannya berupa tali tasik. Baruyungan dibuat

satu pasang, satu di bagian depan perahu dan satunya lagi di bagian belakang. Baruyungan menempel di perahu bagian atas diikat dengan tali nilon 3 mm padaudukannya depan (Gambar 11b) dan belakang (Gambar 11c). Katir berada di kiri dan kanan perahu memanjang sejajar dengan perahu untuk alat keseimbangan. Katir berbahan pipa pralon PVC 4" AW, di dalam pralon diisi dengan *polyurethane* foam, di kedua ujungnya ditutup dengan penutup pipa PVC. Selain dudukan baruyungan pada gambar 11b terdapat tiang layar dan dudukan tiang layar. Pada Gambar 11d, di atas perahu dipasang dudukan mesin ketinting yang terbuat dari kayu yang diikat dengan resin dan fiberglass. Pada gambar yang sama, tiang andang-andang diletakkan menempel pada baruyungan belakang. Andang-andang ditali menghubungkan tiang andang-andang dan tiang



Gambar 10. a) Gelcoat; b) Pelapisan dengan gelcoat; c) Pengamplasan lambung perahu.
Figure 10. a) Gelcoat; b) Gelcoat coating with; c) Sanding the hull of the boat.
 Sumber: Dokumentasi pribadi

Tabel 2. bahan pendempulan lambung
Table 2. hull coating material

| volume talk (fraksi volume talk 50 %) | Vol resin | berat resin (gr) |
|---|-----------|---------------------|
| 9600 | 9600 | 11174,4 |



Gambar 11. Bagian perahu yang dibuat setelah pembuatan lambung selesai.
 Figure 11. Parts of the boat are made after the manufacture of the hull is finished.
 Sumber: Dokumentasi pribadi

layar. Andang-andang berfungsi untuk mengurai jala ikan ketika akan diceburkan ke laut agar lebih mudah. Andang-andang dan tiangnya terbuat dari kayu berpenampang 4 cm x 6 cm.

Rekap bahan habis pakai dan kegunaannya untuk membuat perahu nelayan berbahan komposit *sandwich* tertera dalam Tabel 3. Bahan tersebut dipakai mulai

dari membuat cetakan *core*, menghaluskan *core*, melaminasi *core*, melapisi lambung, menghaluskan lambung, membuat baruyungan, katir, andang-andang dan merangkainya menjadi perahu serta pengecatan. Bahan tersebut seperti *polyurethane side - A B*, resin *polyester*, *hardener*, *pigmen*, *talc*, tali senar dapat diperoleh dengan mudah di toko yang menjual alat-alat kebutuhan nelayan. *Polyurethane side - A B* juga dapat

Tabel 3. Bahan habis pakai untuk membuat perahu nelayan
 Table 3. Consumable materials for making fishing boat

| No | Jenis Bahan | Kegunaan | Satuan | Jumlah |
|----|---|--|--------|--------|
| 1 | <i>Polyurethane side-A dan side-B</i> | Membuat <i>core</i> lambung perahu | Liter | 5 |
| 2 | Resin polyester Yukalac 157 | Membuat kulit lambung perahu | Kg | 43,2 |
| 3 | Hardener | Membuat kulit lambung perahu | Ons | 4,3 |
| 4 | Fiber glass 200 gr/m ² | Membuat kulit lambung perahu | Kg | 7,040 |
| 5 | Anyaman strip bambu | Membuat kulit lambung perahu | Kg | 5,760 |
| 6 | Pigmen kuning | Mewarnai kulit lambung perahu | ml | 100 |
| 7 | <i>Talc</i> | Bahan dempul lambung perahu | Kg | 10 |
| 8 | Kuas rol | Meratakan resin | Buah | 4 |
| 9 | Kuas 2,5" | Meratakan resin | Buah | 5 |
| 10 | Capi plastic | Meratakan resin | Buah | 16 |
| 11 | Mata gerinda | Menghaluskan kulit lambung | Buah | 5 |
| 12 | Mata Amplas | Menghaluskan kulit lambung | Buah | 10 |
| 13 | Cat | Mewarnai kulit lambung perahu | ml | 500 |
| 14 | Thinner | Mewarnai kulit lambung perahu | ml | 500 |
| 15 | Kertas minyak A0 | Melapisi cetakan <i>core</i> lambung | lembar | 32 |
| 16 | Lem 100 gr | Melapisi cetakan <i>core</i> lambung | botol | 1 |
| 17 | NaOH Kristal | perlakuan alkali anyaman bamboo | Kg | 2 |
| 18 | Lem <i>cyanocrylate etil</i> (lem G) 5 ml | Merekatkan anyaman strip bambu ke <i>core</i> | botol | 2 |
| 19 | Multipleks 12 mm | Membuat cetakan <i>core</i> lambung perahu | lembar | 5 |
| 20 | Triplek melamin | Membuat cetakan <i>core</i> lambung perahu | lembar | 5 |
| 21 | Paku | Membuat cetakan <i>core</i> lambung perahu | Kg | 1 |
| 22 | Pilles | Membuat cetakan <i>core</i> lambung perahu | Kg | 1 |
| 23 | Kayu 4 cm x 6 cm x 400 cm | Membuat andang-andang dan cetakan <i>core</i> lambung perahu | lonjor | 15 |
| 24 | Pipa PVC 4", 4 m | Membuat cadik | lonjor | 3 |
| 25 | Lem PVC | Menyambung cadik | botol | 2 |
| 26 | Kayu 8 cm x 12 cm x 400 cm | Bahan baruyungan | lonjor | 2 |
| 27 | Kayu 6 cm x 8 cm x 400 cm | Bahan baruyungan | lonjor | 6 |
| 28 | Tali senar | Merekatkan cadik, baruyungan dan katir | ikat | 1 |
| 29 | Tali nilon 6 mm | Merekatkan cadik, baruyungan dan katir | ikat | 1 |
| 30 | Lem Epoksi | Merekatkan cadik, baruyungan dan katir | botol | 1 |
| | | | 250 gr | |

Tabel 4. Peralatan untuk membuat perahu nelayan
Table 4. Equipment for making fishing boat

| No | Nama | Kegunaan | satuan | Jumlah |
|----|--------------------------|---|--------|--------|
| 1 | Pensil, penggaris, busur | Membuat mal cetakan dan rangkanya | Set | 1 |
| 2 | Palu | Membuat cetakan <i>core</i> perahu | Buah | 1 |
| 3 | Obeng | Membuat cetakan <i>core</i> perahu | Buah | 1 |
| 4 | Mesin gergaji | Membuat cetakan, baruyungan, cadik. | Unit | 1 |
| 5 | Mesin serut | Meratakan kontur <i>core</i> , meratakan kayu baruyungan dan anjang-anjang. | Unit | 1 |
| 6 | Mesin gerinda | Menghaluskan kontur <i>core</i> dan lambung | Unit | 1 |
| 7 | Mesin pengaduk resin | Mencampur resin, hardener dan <i>talk</i> | Unit | 1 |
| 8 | Ember 10 liter | Tempat mengaduk adonan | Buah | 1 |
| 9 | Ember 65 liter | Perlakuan alkali anyaman bambu | Buah | 1 |

diperoleh di toko alat-alat mesin pendingin sebagai isolator panas. Sedangkan bahan yang lain dapat diperoleh di toko bangunan. Jumlah bahan pada Tabel 3 tersebut merupakan rata-rata dari tiga kali pembuatan perahu dengan satu cetakan *core*.

Kebutuhan alat tidak habis pakai untuk pembuatan perahu dengan teknik *hand lay up* di rekap dalam Tabel 4. Dapat dilihat pada tabel bahwa teknik *hand lay up* tidak memerlukan peralatan yang banyak maupun canggih sehingga mudah diterapkan bahkan oleh nelayan tradisional. Cetakan *core* perahu dibuat dengan peralatan yang sederhana yaitu alat tulis, palu, obeng mesin gergaji tangan. Mesin gergaji tangan berfungsi untuk memotong kayu, multipleks rangka cetak dan tripleks melamin cetakan. Palu dan obeng berfungsi untuk memukul dan mengencangkan paku maupun sekrup guna menyatukan rangka cetakan dan lembar cetakan. Pengadukan *polyurethane* side-A dan side-B dilakukan dengan mesin pengaduk elektrik tangan. Adonan resin dengan hardener dan *talk* juga dapat dilakukan dengan mesin pengaduk resin bertenaga listrik namun pekerjaan ini dapat juga dilakukan dengan pengaduk kayu yang digerakkan tangan. Pengadukan adonan resin dan hardener

dilakukan dengan kayu oleh tangan. Jika pengadukan resin dengan mesin menyebabkan udara ikut masuk ke dalam adonan, agar udara terjebak berkurang maka resin ditunggu beberapa saat untuk kemudian dioleskan.

Mesin serut digunakan untuk meratakan kontur *core*, alat ini berpengerak listrik namun alat ini dapat digantikan dengan alat serut dorong tangan. Mesin gerinda tangan digunakan untuk meratakan kontur *core* maupun lambung yang telah dilaminasi dengan mata potong maupun mata amplas. Alat ini berpengerak listrik, namun alat ini bisa digantikan dengan gergaji tangan dan amplas gosok tangan. Sedang peralatan lain adalah ember untuk mencampur adonan dan perlakuan alkali anyaman strip bambu. Peralatan yang disebutkan dalam Tabel 4 adalah peralatan pertukangan yang sering dipakai oleh tukang kayu sehingga alat ini mudah diperoleh dan mudah dioperasikan.

Dalam penelitian ini 1 orang hari artinya satu orang bekerja selama 1 hari yaitu dari jam 8.00 sampai dengan jam 16.00 dengan waktu istirahat 1 jam dari jam 11.30 sampai dengan 12.30. Pencetakan dan perataan *core* lambung perahu dilakukan oleh 2 orang selama setengah hari. Pekerjaan yang dilakukan adalah

Tabel 5. Jumlah Tenaga kerja untuk membuat perahu nelayan
Table 5. The amount of labor to make fishing boat

| Pekerjaan | Jumlah (orang hari) |
|---|---------------------|
| Mencetak <i>core</i> dan meratakan kontur <i>core</i> | 1 |
| Melaminasi lambung luar | 4 |
| Melaminasi lambung dalam | 3 |
| Pendempulan (gelcoat) | 2 |
| Pengamplasan dempul dan pengecatan | 2 |
| Pembuatan baruyungan, katir | 2 |
| Total | 14 |

melapisi cetakan dengan kertas minyak, mencampur dan menuang *polyurethane* side-A dan side-B, mengeluarkan *core* dari cetakan dan menghaluskan permukaan *core*. Melaminasi lambung luar dilakukan oleh 2 orang selama 2 hari, sedangkan melaminasi lambung dalam dilakukan oleh 2 orang selama 1,5 hari. Pendempulan dilakukan oleh 2 orang selama 1 hari, sedangkan pengamplasan dempul dan pengecatan lambung dilakukan oleh 2 orang selama 1 hari. Pekerjaan terakhir adalah pembuatan baruyungan dan katir serta dudukannya, pekerjaan ini dilakukan oleh 2 orang selama 1 hari. Pengerjaan pembuatan perahu nelayan berbahan komposit *sandwich* memerlukan tenaga manusia total sebanyak 14 orang hari seperti yang tercantum dalam Tabel 5.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Teknik *hand lay up* dapat diterapkan pada pembuatan perahu nelayan berbahan komposit *sandwich*.
2. Bahan untuk membuat perahu nelayan berbahan komposit *sandwich* mudah di dapat dan dalam jumlah yang terbatas.
3. Teknik *hand lay up* tidak memerlukan peralatan yang banyak maupun canggih sehingga mudah diterapkan.
4. Pengerjaan pembuatan perahu nelayan berbahan komposit *sandwich* memerlukan tenaga manusia sebanyak 14 orang hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada pengelola Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Ditjen Penguatan Risbang, Kemenristek Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui skema penelitian dengan nomor perjanjian penugasan 030/SP2H/LT/DRPM/II/2016. Penulis Juga ucapkan terimakasih kepada nelayan Desa Kuranji Labuapi Lombok Barat atas partisipasinya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bansal., Arun, K. & Zoolagud, S. S. (2002). Bamboo composites: Material of the future, *Journal of Bamboo and Rattan*, 9(1), 119-130.
- Catur, A. D. (2009), Berat Jenis Komposit *Sandwich* Matrik Polyester Diperkuat Serat Nanas dan Filler Flyash dengan Honeycomb *Core* dari

Kertas Bekas, *Seminar Nasional dan Pameran Hasil-hasil Penelitian*, Lembaga Penelitian Universitas Mataram.

- Catur, A. D. (2015). Load weight of boat : Experimental approach and hydrostatics calculation. *Proceedings International Conference on Mathematics, Sciences and Education, University of Mataram, Lombok Island, Indonesia, November 4-5, 2015*

East coast. (2013), Guide to Glass Reinforced Plastic (GRP), <http://www.ecfibreglasssupplies.co.uk/t-GlassReinforcedPlastics.aspx>.

Greene, E. (1999). *marine composites*, second edition, eric greene associates incs, annapolis maryland

Jain, S., Kumar, R., & Jindal, U. P. (1992). Mechanical behaviour of bamboo and bamboo composites, *Journal of Material Science*, 27(17), 4598-4604.

Jung-Seok Kim, Sang-Jin Lee, Kwang-Bok Shin, (2007). Manufacturing and structural safety evaluation of a composite train carbody, *Composite Structures*, 78, 468-476.

Manik, P., Chrismianto, D., & Hadi, E. S. (2005). Kajian Teknis Penggunaan Serat Bambu Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal, Ditinjau dari Kekuatan Bending dan Kekuatan Impact, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Materials Sciences Corporation (2002), Composite Material Handbook Volume 3: Polymer Matrix Composite, material usage, design and analysis, MIL-HDBK-17 Secretariat, 500 Office Center Drive, Suite 250, Fort Washington, PA 19034.

Shukla, K. S., & Janardhan Prasad. (1988). Reconstituted wood from bamboo for structural uses. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 19(1), 19-27.

Shukla, N. K., Singh, R. S., & Sanyal, S. N. (1988). Strength properties of eleven bamboo species and study of some factors affecting strength. *of the Indian Academy of Wood Science*, 19(2), 63-80.

Thwe, (2002). Effects of environmental aging on the mechanical properties of bamboo-glass fiber

reinforced polymer matrix hybrid composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 33(1), 43–52.

Xiaobo Li. (2004). *Physical, Chemical, and Mechanical Properties of Bamboo and Its Utilization Potential for Fiberboard Manufacturing*, A Thesis, Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agriculture and Mechanical College.

Young, G. (2013), e-frienly surfboards: the bamboo evolution. <http://www.bamboosurfboardshawaii.com>.