

Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Tradisional Ukuran <10 GT Berbahan Kayu Utuh Dengan Teknologi Laminasi Kayu Mahoni

Aditya Amor Patria dan Triwilaswandio Wuruk Pribadi

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: triwilas.its@gmail.com

Abstrak— Langkanya kayu utuh berukuran besar yang biasa digunakan untuk bahan baku kapal ikan tradisional tipe lesung dan tingginya minat komunitas nelayan yang menggunakan kapal ikan tradisional tidak sebanding dengan pertumbuhan kayu yang membutuhkan waktu hingga 20 hingga 30 tahun untuk dapat di produksi. Maka dari itu dilakukan penelitian dengan menganalisis segi teknis proses pembangunan kapal lesung dengan teknologi laminasi dan menganalisis secara ekonomis dari pembangunan kapal ikan dengan teknologi laminasi kayu dengan kayu yang dipilih yaitu kayu Mahoni. Kayu Mahoni berpotensi sebagai bahan baku pembangunan kapal dengan teknologi laminasi dikarenakan tingginya produktivitas tebangan hutan kayu Mahoni di Jawa Timur dan juga pertumbuhan kayu Mahoni yang cepat yaitu 15 tahun. Analisis teknis yang dilakukan adalah dengan membangun model kapal dimulai dari survei kapal dan kuisisioner nelayan untuk menentukan ukuran utama, lalu membuat *mould loft* kapal yang dilanjutkan dengan penyusunan bilah yang nantinya akan dilakukan pengeleman dan pembentukan badan kapal. Kekuatan laminasi kayu Mahoni didapatkan dengan melakukan pengujian tarik yang nantinya dibandingkan dengan kayu Mahoni utuh dan Jati utuh. Analisis ekonomis dilakukan dengan menentukan harga kapal dengan teknologi laminasi kayu Mahoni dan menentukan investasi galangan kapal ikan tradisional ukuran <10 GT dengan teknologi laminasi kayu Mahoni. Dari hasil kuisisioner yang dilakukan, nelayan setuju adanya pembangunan kapal dengan teknologi laminasi kayu Mahoni dan berdasarkan pembangunan model kapal yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa teknologi laminasi kayu Mahoni dapat digunakan untuk membangun kapal ikan tradisional ukuran <10 GT dengan kayu utuh (lesung) dengan hasil kuat tarik laminasi kayu Mahoni rata-rata 115,625 MPa yang nilainya lebih besar dibanding dengan kuat tarik rata-rata kayu Mahoni utuh 90,833 MPa dan kayu Jati utuh 97,1 MPa. Dari analisis ekonomis, didapat harga jual produk sebesar Rp 6.200.000,00 lebih tinggi dari harga kapal pada umumnya Rp 6.000.000,00. Biaya investasi yang diperlukan dalam pembangunan industri galangan kapal ikan tradisional sebesar Rp 588.100.000,00. ROI sebesar Rp 212.400.000,00 dan *pay back periode* terjadi pada 5 tahun 9 bulan. Nilai IRR sebesar 29% lebih besar dari bunga bank yang telah ditetapkan yakni 10,25% sehingga investasi ini layak digunakan bila dilihat dari analisis ekonomisnya.

Kata Kunci— Konstruksi, Kayu, Laminasi, Mahoni

I. PENDAHULUAN

EKSPLOITASI kayu yang berlebihan telah berlangsung cukup lama menyebabkan kondisi hutan alam rusak parah dan memprihatinkan. Kondisi ini berimplikasi terhadap berkurangnya produksi kayu dari hutan alam, sehingga ketersediaan kayu berdiameter besar yang berasal dari hutan alam semakin terbatas. Di lain pihak, kebutuhan kayu untuk berbagai keperluan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Untuk populasi kayu, Indonesia memiliki populasi pohon kayu yang sangat banyak, salah satunya adalah kayu mahoni. Penggunaan kayu ukuran besar dalam pembuatan kapal ikan tradisional saat ini tidak sesuai dengan pertumbuhan kayu yang membutuhkan waktu beberapa tahun, sehingga nantinya akan terjadi kelangkaan kayu yang akan berimbas ke kelangkaan material produksi kapal ikan. Jenis kapal ikan tradisional yang membutuhkan material kayu yang berukuran besar salah satunya adalah kapal jenis lesung, dimana kapal lesung ini masih banyak digunakan oleh masyarakat-masyarakat pelosok sebagai alat transportasi di daerah sungai dan rawa. Dikarenakan ciri khas dari kapal lesung ini adalah ukurannya yang kecil, tidak begitu lebar namun panjang, sehingga sangat cocok untuk di daerah sungai dan rawa. Biasanya kapal lesung di buat dari kayu yang utuh dan di keruk untuk mendapatkan bentuk lambung dan yang lainnya. Ini akan membuat banyak material kayu yang terbuang dan juga produksi kapal lesung akan berkurang seiring berkurangnya populasi kayu. Seiring dengan kemajuan teknologi perkapalan, ditemukan alternatif-alternatif lain dalam pembangunan kapal kayu yaitu dengan sistem laminasi. Salah satu produk laminasi yang biasa digunakan sebagai bahan struktural adalah balok laminasi. Hubungan menggunakan teknologi laminasi dan kondisi populasi kayu saat ini adalah dapat mengganti kayu yang berukuran besar untuk konstruksi kapal yang besar sekalipun dengan kayu laminasi, sehingga dalam produksi kapal ikan, ukuran kayu tidak tergantung dengan ukuran konstruksinya. Dari hasil analisis tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai pembangunan kapal ikan dengan menggunakan bahan laminasi kayu mahoni dengan menganalisis dari segi teknis dan ekonomis kapal tersebut

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gambaran Umum Kayu Mahoni

Mahoni adalah anggota suku *Meliaceae* yang mencakup 50 genera dan 550 spesies tanaman kayu. Mahoni termasuk pohon besar dengan tinggi pohon mencapai 35–40 m dan diameter mencapai 125 cm. Batang lurus berbentuk silindris dan tidak berbanir. Kulit luar berwarna coklat kehitaman, beralur dangkal seperti sisik, sedangkan kulit batang berwarna abu-abu dan halus ketika masih muda, berubah menjadi coklat tua, beralur dan mengelupas setelah tua. Mahoni baru berbunga setelah berumur 7 tahun, mahkota bunganya silindris, kuning kecoklatan, benang sari melekat pada mahkota, kepala sari putih, kuning kecoklatan. Buahnya buah kotak, bulat telur, berlekuk lima, warnanya coklat.

B. Sifat Fisis Kayu Secara Umum

Kayu yang tumbuh akan mempunyai bentuk fisik tergantung pada jenis, lingkungan pertumbuhan dan asalnya. Sifat fisik kayu antara lain: [1]

1) Kadar Air

Kadar air kayu merupakan berat air dalam kayu yang biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase dari berat kering tanur kayu. Berat, penyusutan, kekuatan, dan sifat – sifat kayu lainnya tergantung pada kadar air kayunya.

2) Lama Pemakaian

Kayu memiliki *life time* atau waktu guna yang merupakan batas umur pemakaian, hal ini terjadi karena pengaruh *seasoning*, *weathering*, ataupun perubahan kimia disamping lama pembebanan.

3) Struktur Anatomi Kayu

Kayu secara umum mempunyai sifat *anisotropic*, yaitu sifat kayu yang berbeda pada ketiga arahnya sebagai akibat susunan sel – sel serabut yang membentuk tiga arah yaitu longitudinal, tangensial, dan radial.

4) Lama Pembebanan

Pemberian beban pada kayu akan mempengaruhi besarnya tegangan yang terjadi di dalam kayu tersebut, semakin lama maka semakin besar tegangan yang terjadi.

5) Berat Jenis dan Kerapatan

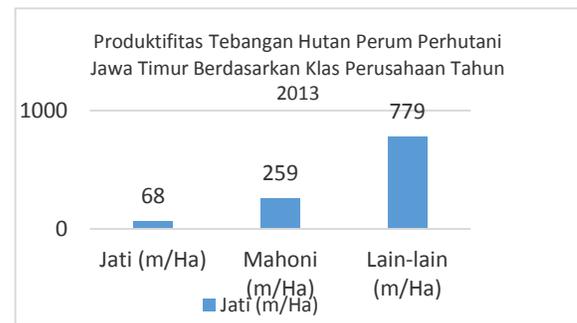
Kayu disusun oleh zat yang lebih berat daripada air, berat jenis zat kayu sekitar 1.5 yang berlaku untuk semua jenis kayu.

6) Pengaruh Cacat

Lingkungan mempengaruhi pertumbuhan pohon salah satunya yaitu kelainan (cacat) pada kayu. Cacat pada kayu antara lain mata kayu, serat berpilin, kayu reaksi, kayu rapuh, kantung damar dan kulit tersisip.

C. Potensi Hutan Kayu Mahoni

Dari survei yang dilakukan di Perum Perhutani Surabaya bahwa produktifitas tebangan hutan kayu Mahoni Perum Perhutani adalah yang paling tinggi dari kayu lainnya dapat dilihat dari gambar 1



Gambar 1. Diagram produktifitas tebangan hutan perum perhutani

Kayu mahoni juga sering digunakan sebagai bahan baku pengganti dari kayu jati. Ini dilakukan karena, selain jumlah atau persediaan kayu mahoni banyak, harganya pun jauh lebih murah dari pada kayu jati. [2]

D. Teknologi Kayu Laminasi Secara Umum

Teknologi laminasi adalah teknik penggabungan bahan dengan bantuan perekat, bahan bangunan berukuran kecil dapat direkatkan membentuk komponen bahan sesuai keperluan. Teknik laminasi juga dapat dilakukan untuk menggabungkan bahan baku yang tidak seragam atau dari berbagai kualitas.

Keunggulan teknologi laminasi sebagai berikut: [3]

1. Pengadaan material di pasaran mudah karena ketebalan papan pelapis yang digunakan maksimum 2 cm, panjang pelapis tidak dibatasi.
2. Penggunaan material kayu lebih efisien, penyediaan kayu akan lebih cepat dan murah karena potongan kayu yang tipis (sampai 5 mm), pendek, serta ada cacatnya masih bisa digunakan untuk membuat konstruksi.
3. Sedikit menggunakan bahan pengikat mekanis dengan dimensi lebih kecil dan bersifat hanya menyatukan permukaan bidang leman.
4. Mudah dilakukan pemeriksaan cacat karena dimensi bahan baku penyusun laminasi lebih kecil dan tipis. Mudah dalam pemilihan bahan penyusun laminasi yang baik tanpa cacat.
5. Kekedapan dapat terjamin, konstruksi rigid atau kaku, perubahan dimensi kayu dapat teratasi dengan pengaturan arah serat kayu yang efektif.
6. Perlindungan berganda dapat dilaksanakan, kayu yang kering dan dijenuhkan (kayu oven) akan lebih tahan terhadap kerusakan, dan sifat lapisan lem yang diciptakan khusus juga merupakan perlindungan terhadap kerusakan pula.

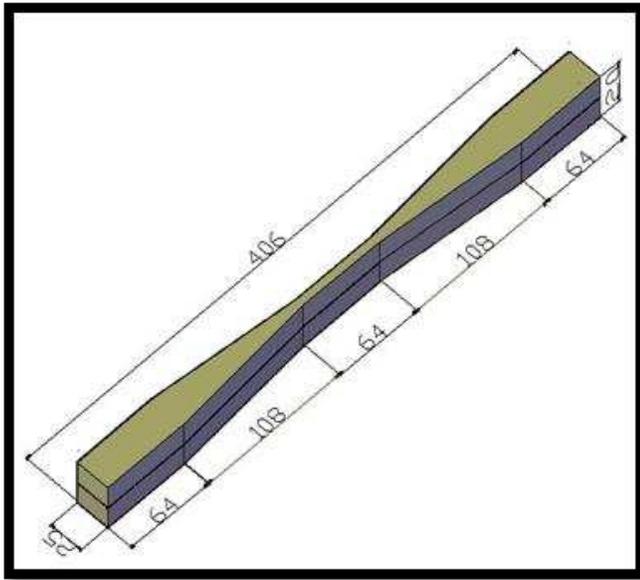
Namun balok laminasi mempunyai beberapa kekurangan: [4]

1. Persiapan pembuatan kayu berlapis majemuk umumnya memerlukan biaya yang lebih besar dari konstruksi biasa.
2. Karena baik buruknya bergantung kepada kekuatan sambungannya, maka pembuatannya memerlukan alat-alat khusus dan orang-orang ahli.
3. Kesukaran-keaukaran pengangkutan untuk yang besar seperti perlengkungan dan sebagainya.

E. Standar Uji Tarik Laminasi Kayu Mahoni

Laminasi kayu mahoni termasuk dalam standar ASTM mengenai kayu dan komposit meliputi material *polywood*, papan laminasi, papan komposit, dan papan lapis lainnya yang berbahan dasar kayu dengan kode D-3500 untuk pengujian tarik.

Pada D-3500, Kayu mahoni masuk dalam tipe A dan B, dikarenakan tebal bilah bisa disesuaikan dengan aturan pengujian yang berlaku, tetapi peneliti menggunakan tipe A dikarenakan menyesuaikan peralatan uji tarik yang tersedia yang dapat dilihat sesuai dengan gambar 2 berikut: [5]



Gambar 2. Spesimen standar ASTM

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pemilihan Kayu

Material utama yang diperlukan dalam studi ini adalah kayu mahoni dimana kayu mahoni didapat dari *supplier* kayu di daerah Surabaya yang didapat dari daerah Nganjuk. Kayu Mahoni yang digunakan berusia tanam diatas 15 tahun dengan kondisi yang telah dipotong tipis sesuai kebutuhan dalam pengujian dan material pembuatan kapal laminasi.

B. Pembuatan Bilah

Dari balok kayu diatas, balok dipotong secara melintang untuk mendapatkan panjang 40 cm. Dari panjang kayu yang telah dipotong menjadi 40 cm, kayu ditipiskan dengan mesin potong untuk mendapatkan ketebalan rata-rata 5 mm. Namun karena dari mesin potong kayu tidak dapat di tipiskan hingga 5 mm maka mesin potong hanya menipiskan hingga ketebalan 7-8 mm. Dan bilah kayu yang sudah memiliki ketebalan hingga 7-8 mm ditipiskan lagi untuk mencapai ketebalan rata-rata 5 mm. Tiap bilah kayu ditipiskan dengan menggunakan mesin *planar* dengan ketebalan rata-rata lima milimeter dimana hasil pemotongan.

Setelah proses penipisan bilah, dilakukan pemilihan terhadap bilah yang memiliki ketebalan 5 mm. Pemilihan bilah juga perlu memperhatikan bilah yang kondisinya baik,

bilah yang dalam kondisi retak tidak dapat digunakan karena dapat merusak spesimen yang akan dibuat.

C. Pembuatan Spesimen Uji

- 1) Bilah-bilah disusun dan diberi nomor sebagai perencanaan awal setiap papan laminasi yang akan dibentuk.
- 2) Sesuai aturan susunan metode tumpuk bata, bilah disusun satu per satu dengan ukuran 500 x 250 x 28 mm untuk spesimen uji tarik.
- 3) Perak *epoxy* dipersiapkan dengan rasio resin-*hardener* adalah 1:1 dan berat total kedua senyawa tersebut sebesar 600 gram untuk satu papan laminasi spesimen uji tarik.
- 4) Susunan bilah yang telah diberi nomor diletakkan sesuai urutannya di atas mesin *press* yang diberi alas kertas, kemudian tiap lapisan dioleskan perekat menggunakan kapi secara merata hingga lapisan terakhir/teratas.
- 5) Setelah proses pengeleman selesai, lapisan terakhir ditutupi kertas diikuti dengan peletakkan pelat bagian atas dan kemudian tiap penumpu diposisikan segaris agar proses pengempaan merata.
- 6) Proses pengeringan perekat membutuhkan waktu kurang lebih selama 12 jam.
- 7) Papan laminasi yang telah kering dibersihkan dari sisa kertas yang menempel dan perekat yang berlebih menggunakan mesin *planar* dan amplas, dimana hasil pembersihannya.
- 8) Proses terakhir, papan laminasi yang telah dibersihkan selanjutnya dibentuk menjadi spesimen uji.

D. Langkah Pengujian

Luas penampang melintang (A0) di bagian tengah tiap spesimen diukur, dimana nilai A0 digunakan dalam perhitungan kuat tarik kayu laminasi. Setelah pencatatan nilai A0, kedua ujung spesimen dipasang klem yang berfungsi sebagai alat bantu pengujian.

Universal Testing Machine (UTM) untuk pengujian tarik spesimen kayu laminasi diatur menggunakan skala beban 40 agar grafik beban-pemuluran lebih mudah dibaca. Jarum penunjuk beban pada UTM harus berada pada angka 0 sebelum diberikan pembebanan. Pembebanan diberikan secara kontinyu dengan laju pembebanan konstan dan dilakukan hingga spesimen uji patah di bagian tengah. Selama proses pengujian, spesimen yang dijepit pada UTM harus dikontrol untuk menghindari terjadinya selip, sehingga besarnya beban dan pemuluran tiap spesimen yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada kertas *milimeter block* dapat terbaca dengan baik.

E. Tahap Analisis Teknis

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model kapal dengan skala 1 : 2 dari ukuran aslinya. Ini bertujuan untuk memastikan apakah kapala ikan tradisional dengan teknologi laminasi kayu mahoni dapat dibangun.

F. Tahap Analisis Ekonomis

Proses selanjutnya yaitu perhitungan estimasi harga jual atau harga produksi kapal kemudian analisis kelayakan

investasi untuk fasilitas produksi dan industri galangan kapal ikan tradisional dengan teknologi laminasi kayu mahoni .

G. Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil analisis, perhitungan, dan penilaian baik dalam hal teknis maupun ekonomis.

IV. PEMBANGUNAN KAPAL IKAN DENGAN TEKNOLOGI LAMIASI

A. Tahapan Pembangunan Kapal

Pembangunan kapal terbagi menjadi 4 tahapan diantaranya *preparation*, fabrikasi, *assembly* dan *finishing*. Tahap persiapan terdiri dari beberapa langkah diantaranya :

- 1) Survei nelayan, dalam survei ini diawali dengan sosialisasi definisi dari laminasi kayu dan penggunaannya dalam konstruksi kapal ikan tradisional. Menyebar kuisioner dan beberapa pertanyaannya yang nantinya akan digunakan untuk tolak ukur bagaimana pandangan para nelayan terhadap pembangunan kapal ikan tradisional dengan teknologi laminasi melalui studi ini. Pada langkah ini juga dilakukan pengukuran kapal yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan model kapal. Pengukuran kapal dilakukan untuk mendapatkan ukuran utama kapal.
- 2) Pembuatan *lines plan* yang akan digunakan untuk ukuran pembuatan cetakan kapal agar kapal yang dibangun nantinya dapat sesuai dengan desain yang dirancang.
- 3) Tahap selanjutnya dilakukan pembuatan desain 3D kapal dengan data *lines plan* sebelumnya. Desain 3D kapal dibuat dengan tujuan mengetahui bentuk kapal yang akan dibangun dan menentukan banyaknya keperluan material bilah kayu yang dibutuhkan saat pembangunan.
- 4) Cetakan lambung kapal berbahan triplek ketebalan 3mm dan ukuran cetakan didapat dari data *body plan*. Cetakan lambung kapal ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui lengkung dalam kapal yang dapat meminimalisir material yang terbuang dikarenakan cetakan telah terpasang sebelum kapal mulai dibangun.
- 5) Kayu mahoni yang digunakan dalam pembangunan kapal studi ini dipesan dari Kabupaten Pasuruan. Dalam pemesanan awal, kayu dipesan sebanyak 3 log dengan ukuran 1 log panjang 2 m dengan diameter 30 cm dan 2 log panjang 1 m dengan diameter 20 cm.

Dari tahap *preparation*, dilanjutkan pada tahap fabrikasi, berikut langkah- langkah tahap fabrikasi :

- 1) Pemotongan bilah kayu, bilah yang digunakan dalam pembangunan kapal dalam rules BKI 1996 dan 2013 memiliki ketebalan maksimal 20 mm atau kisaran 5 – 20 mm. Untuk bilah pada pembangunan kapal ini menggunakan ketebalan bilah 20 mm dikarenakan meminimalisir penggunaan lem dan mempermudah persiapan pengolahan kayu. Kayu papan dari pengolahan kayu sebelumnya dipotong menjadi papan yang lebih kecil dengan dimensi 100 cm x 10 cm x 2 cm menggunakan *planar* dan gergaji mesin. . Teknologi laminasi dapat

mengurangi kebutuhan bahan baku karena material yang terbuang dari kayu log menjadi bilah lebih sedikit

- 2) Pemasangan cetakan lambung kapal, Cetakan dipasang pada meja kerja bertujuan untuk mempermudah dalam penyusunan bilah kayu nantinya.

Pada tahap selanjutnya dilanjutkan dengan tahap *assembly*, berikut langkah- langkahnya:

- 1) Penyusunan bilah, pada tahap ini, penyusunan bilah kayu menggunakan penyusunan sistem bata dikarenakan penempatan sambungan metode tumpuk bata akan lebih kuat dibandingkan dengan yang segaris dan menjadikan bersifat kedap oleh karena susunan antar bilah yang tidak mudah ditembus fluida, selain itu penempatan sambungan metode tumpuk bata menjadikan kembang susut produk laminasi yang relatif kecil.dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses penyusunan bilah pada cetakan kapal

- 2) Penomoran bilah, penomoran dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah saat dilakukannya pengeleman. Penomoran dimulai dari bilah paling dasar sampai atas.
- 3) Pada tahap pengeleman bilah, pengeleman dilakukan bertahap dengan mengelem per 2 *layer* dan membutuhkan waktu sekitar 8- 12 menit untuk mengelem permukaan bilah. Hal tersebut dikarenakan lem yang telah tercampur akan menjadi keras dalam rentan waktu 10- 15 menit. Lem yang digunakan untuk pengeleman adalah Lem *Epoxy Avian* yang terdiri dari *hardener* dan resin. Pada penggunaannya, *hardener* dan resin dicampur dengan perbandingan 1:1 dan diaduk hingga tercampur rata.
- 4) Tahap pembentukan badan kapal dapat dilakukan setelah proses pengeleman seluruh layer telah selesai dilakukan. Pembentukan yang dilakukan tidak terlalu banyak dikarenakan pada tahap penyusunan bilah, bilah telah dibentuk mengikuti cetakan. Alat- alat yang digunakan dalam pembentukan badan kapal ini adalah *hand planar*, pacul, tatah dan gerinda. Penggunaan alat- alat tersebut memiliki fungsi sesuai dengan area yang akan dibentuk.
- 5) Pembuatan cadik, cadik adalah bagian dari perahu yang dipasang di luar lambung secara sejajar. Cadik bisa berupa batangan atau lambung yang lebih sempit dari kapal itu sendiri. Tujuannya dari ditambahkannya cadik pada kapal adalah untuk menstabilkan kapal. Pada tahap

ini cadik dibuat dengan pipa paralon dan kayu laminasi. Proses penyambungan cadik pada lengan atas dan bawah menggunakan lem *epoxy* dan baut dan mur.

- 6) Pelapisan kulit jati, dilakukan pelapisan kulit lambung luar dengan menggunakan bilah kayu jati yang memiliki tebal 3-4 mm karena karakteristik kayu jati yang memiliki daya tahan yang baik terhadap air laut dapat memperpanjang umur kapal dan melindungi konstruksi mahoni didalamnya.
- 7) Pengecekan kebocoran, dalam pembangunan dengan teknologi laminasi memiliki kelemahan salah satunya kebocoran pada sambungan lem. Kebocoran dapat terjadi jika proses pengeleman tidak sempurna. Pada tahap ini, dilakukan proses cek kebocoran pada kapal. Sebelum dilakukan tes kebocoran, bagian lambung dalam dilapisi kapur gamping yang berfungsi untuk memperlihatkan daerah yang mengalami kebocoran.



Gambar 4. Proses pengecekan kebocoran

Tahapan terakhir yaitu *finishing*, berikut langkah-langkahnya:

- 1) Pengecatan, umumnya pada pembangunan kapal menggunakan cat yang sama yang berfungsi untuk mencegah tumbuhnya lumut pada daerah kapal yang terkena air, kedap terhadap air dan memberikan estetika pada kapal. Namun untuk pembangunan kapal ini dikarenakan kapal ini adalah model yang sedang dilakukan penelitian, maka cat kapal tidak diperlukan namun hanya diberikan *clear* untuk memberikan tampilan yang lebih baik.
- 2) Instalasi, proses instalasi ini meliputi pemasangan cadik kapal, pengikatan pipa paralon pada cadik kapal. Pemasangan cadik pada kapal dilakukan menggunakan skrup yang dipasang pada setiap sisi kapal
- 3) Dudukan kapal dibuat dengan tujuan agar kapal memiliki tempat yang sesuai bentuknya dan juga untuk menjaga lapisan kulit kapal agar tidak mengalami kerusakan. Dudukan kapal dibuat dengan menggunakan besi beton yang diukur sedemikian rupa.

B. Analisis Teknis Pembangunan Kapal Ikan Dengan Teknologi Laminasi

Dalam proses pembangunan kapal, terdapat kendala dalam teknis pembangunannya, diantaranya adalah :

1) Terjadi Kebocoran Setelah Proses Pengeleman

Pada saat pengecekan kebocoran, terdapat beberapa titik yang mengalami kebocoran. Seluruh kebocoran terjadi pada sambungan bilah antar *layer*. Diperkirakan ini terjadi

karena pada saat proses pengeleman, lem tidak tersebar merata sehingga terdapat sambungan yang tidak merekat dengan sempurna. Perbaikan yang dilakukan hanya dengan melapisi lem epoxy pada bagian luar bagian yang bocor dan melapisinya dengan bilah jati. Belum didapat cara yang lebih baik untuk pencegahan agar tidak terjadi kebocoran. Saran yang diberikan adalah dengan memperhatikan proses pengeleman dan pengawasan bahwa lem telah terbagi dengan rata pada permukaan bilah.

- 2) Kurangnya Teknis Pembentukan Lambung Luar Kapal
 Pada proses pembentukan lambung, lambung dalam dibentuk dengan menggunakan cetakan dari *lines plan* lalu disesuaikan dengan bentuk lambung luar dengan cara memberikan lebar 6cm pada bilah saat penyusunan. Saat pembentukan, bilah dibentuk mencapai lebar 5 cm untuk membentuk lengkung lambung luar kapal. Dari proses ini tidak dapat dipastikan ketebalan kulit kapal telah mencapai 5 cm dikarenakan tidak terdapat alat yang dapat mengukurnya. Saran yang diberikan adalah dengan membuat cetakan lambung luar yang digunakan saat proses pembentukan untuk menyesuaikan bentuk lambung kapal dengan *lines plan*. Cetakan luar lambung kapal di dapat dari bentuk *lines plan* yang dikonversi pada triplek.
- 3) Penyusunan Bilah Kayu
 Proses *assembly* bagian penyusunan kayu pada pembangunan kapal ini memerlukan waktu yang lama karena harus menyesuaikan dengan bentuk cetakan. Untuk saat ini belum didapat teknik yang lebih efektif dalam proses penyusunan bilah tersebut. Disarankan dalam proses penyusunan bilah menggunakan cetakan dari *half breadth plan* di setiap *layer*. Dari cetakan tersebut akan dikonversikan pada bilah kayu dan dibentuk menggunakan gergaji mesin duduk. Dengan teknik tersebut akan mempersingkat waktu penyusunan bilah laminasi.

Setelah pembangunan kapal ikan dengan teknologi laminasi selesai dilakukan didapatkan perbedaan pembangunan kapal ikan dengan teknologi laminasi dan pembangunan kapal ikan pada umumnya, diantaranya sebagai berikut :

- 1) Pada tahap *preparation*, penggunaan desain pada pembangunan kapal dengan teknologi laminasi menjadi nilai tambah karena *lines plan* menjadi bahan pembuat cetakan kapal.
- 2) Pada tahap fabrikasi, pembuatan bilah yang akan disusun nantinya menggunakan mesin *planar* yang membutuhkan waktu yang singkat berbeda dengan pembangunan kapal ikan pada umumnya yang membentuk kayu dengan dibakar agar mendapat kelengkungan yang sesuai.
- 3) Pada tahap *assembly*, pembuatan lambung menggunakan bilah pada kapal ikan dengan teknologi laminasi dan penggunaan papan pada pembangunan kapal pada umumnya. Keuntungan lainnya dengan teknologi laminasi ialah kecil kemungkinan air akan masuk ke kapal karena seluruh celah sambungan telah tertutup oleh

lem. Namun pada pembangunan kapal pada umumnya, sambungan antar kayu menggunakan pasak yang memungkinkan air akan masuk kedalam kapal.

C. Rekomendasi Teknis dari Kendala Pembangunan Kapal Dengan Teknologi Laminasi Kayu Mahoni

- 1) Membuat cetakan lambung luar yang digunakan saat proses pembentukan untuk menyesuaikan bentuk lambung kapal dengan *lines plan*. Cetakan luar lambung kapal didapat dari bentuk *lines plan* yang dikonversi pada triplek.
- 2) Melakukan perbaikan dalam proses pengetaman dengan menggunakan cetakan untuk proses pengetaman. Cetakan yang dimaksud adalah cetakan sepanjang dan selebar kapal yang akan dibangun. Keuntungan menggunakan cetakan ini ialah tidak perlu menggunakan ragum dalam jumlah yang banyak, dapat mencakup seluruh daerah yang akan dilakukan pengetaman, pengerjaan lebih mdah dikarenakan alat untuk mengetam telah menempel pada bagian atas cetakan dan juga bilah yang akan dilakukan pengetaman dapat terkunci dengan baik.
- 3) Dengan menambahkan material bilah jati pada lambung luar kapal untuk menahan air yang masuk kedalam lambung kapal dan juga kayu jati memiliki daya tahan yang baik dari kayu mahoni terhadap air laut. Saran selanjutnya, lambung kapal juga dapat dilapisi dengan fiber dimana fiber memiliki berat yang lebih ringan dari kayu dan juga pemasangan fiber yang mudah serta proses *repair* yang cepat jika terjadi kebocoran.
- 4) Dalam proses penyusunan bilah menggunakan cetakan dari *half breadth plan* di setiap *layer*. Dari cetakan tersebut akan dikonversikan pada bilah kayu dan dibentuk menggunakan gergaji mesin duduk. Dengan teknik tersebut akan mempersingkat waktu penyusunan bilah laminasi.

D. Analisis Hasil Pengujian

Tabel 1.
Perbandingan kuat taril kayu mahoni laminasi, utuh dan kayu jati

Spesimen	Laminasi Kayu Mahoni	Kayu Mahoni Utuh	Kayu Jati Utuh	Satuan
Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)	115.625	90.833	97.1	MPa
Regangan Rata-rata (%)	6.25	6.031	-	%
Modulus Elastisitas Rata-rata (Gpa)	18.803	16.220	12.28	GPa

Dari Tabel 1 hasil perhitungan kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas spesimen laminasi kayu mahoni dan spesimen kayu mahoni utuh yang dalam hal ini sebagai variabel kontrol, diperoleh nilai kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas rata-rata.

E. Analisis Ekonomis

Perhitungan analisis ekonomis diawali dengan estimasi harga kapal dengan teknologi laminasi yang dapat digunakan sebagai harga jual untuk menghasilkan pendapatan bagi industri galangan kapal. Dari hasil perhitungan estimasi,

didapatkan harga jual kapal adalah sebesar Rp 6.196.610,05, lebih tinggi dibandingkan dengan harga kapal pada umumnya yang didapat dari hasil wawancara nelayan sebesar Rp 6.000.000,00

Tabel 2.
Rincian harga jual produk

Harga Pokok Produksi		4.809.675,04
Estimasi Laba	15%	721.451,26
Biaya Tenaga Kerja		425.000,00
Overhead (listrik, air dll) 5 % dari HPP	5%	240.483,75
Harga jual produk		6.196.610,05

Setelah mendapatkan nilai harga tersebut langkah selanjutnya adalah menguji kelayakan investasi dari industri galangan kapal ikan tradisional. Pada penelitian kali ini pengujian kelayakan investasi dibatasi oleh bunga bank sebesar 10,25%, asumsi pendapatan per tahun terdapat inflasi sebesar 5% dengan umur ekonomis industri selama 15 tahun. Target penjualan kapal per tahun adalah sebanyak 200 kapal dari hasil survei kapal di Jawa Timur.

Tabel 3.
Hasil analisis ekonomis industri galangan kapal ikan

ROI	:	212.317.205,76	rupiah
IRR	:	29%	
Payback Periode	:	5,71	tahun
		5,00	tahun
		9	bulan

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pembangunan model kapal yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa teknologi laminasi kayu mahoni dapat digunakan untuk membangun kapal ikan tradisional ukuran <10 GT dengan kayu utuh (lesung) yang didukung oleh ketersediaan hutan produksi kayu Mahoni yang tinggi di Jawa Timur.
2. Laminasi kayu mahoni memiliki nilai kuat tarik rata-rata yaitu 115.625 MPa yang nilainya lebih besar dibanding dengan kuat tarik rata-rata kayu mahoni utuh yaitu 90.833 MPa, dengan ketebalan bilah 20 mm yang diijinkan BKI 2013 adalah ketebalan bilah yang efektif untuk pembangunan kapal. Teknologi laminasi dapat mengurangi kebutuhan bahan baku karena material yang terbuang dari kayu log menjadi bilah lebih sedikit dibandingkan dengan kayu log menjadi papan dimana papan adalah bahan baku pembuatan kapal pada umumnya
3. Biaya investasi yang diperlukan dalam pembangunan industri galangan kapal ikan tradisional sebesar Rp 588.100.000,00. Harga jual produk sebesar Rp 6.200.000,00 lebih tinggi dari harga kapal pada umumnya sebesar Rp 6.000.000,00. Nilai *Return on Investment* sebesar Rp 212.400.000,00. *Pay Back Periode* terjadi pada 5 tahun 9 bulan. Nilai IRR sebesar 29% lebih besar

dari bunga bank yang telah ditetapkan yakni 10.25% sehingga investasi ini layak dilakukan bila dilihat dari analisis ekonomisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Wood Handbook, Wood As An Engineering Material*. (1999)
- [2] *Sim Statistik Perum Perhutani*, Surabaya, Indonesia (2013).
- [3] P. Manik, *Teknologi Pembuatan Kapal Kayu Laminasi*, Universitas Diponegoro (1997)
- [4] L. Nurleni, *Produktivitas Pembuatan Papan Sambung Di Pt Albasi Parahayangan Banjar – Ciamis*, Bogor, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor (1994)
- [5] *Standard Test Methods For Structural Panel In Tension*, ASTM, New York, USA (2004)