

## METODE KONSTRUKSI KAPAL DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN KAYU (Studi Kasus pada Kapal *Purse seine*)

*Ship Construction Method With Reinforced Concrete and Wood (Case Study on Purseiner)*

Oleh:

Nusa Setiani Triastuti<sup>1\*</sup>, Budhi Hascaryo Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas  
Krisnadwipayana, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas  
Ilmu Kelautan dan Perikanan, Institut Pertanian Bogor,  
Bogor, Indonesia

\*Korespondensi penulis: nusasetiani@unkris.ac.id

### ABSTRAK

Kelangkaan dan semakin mahalnya harga kayu menjadikan salah satu alasan untuk mengembangkan struktur kapal dengan paduan bahan beton dan kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan metode pembangunan kapal dengan struktur beton dan kayu. Secara singkat metode konstruksi kapal dengan struktur beton bertulang adalah membuat kombinasi kayu dan beton bertulang pada bagian-bagian tertentu kapal. Bagian-bagian tersebut terdiri dari: a) balok dek dan galar dari kayu, gading-gading dari beton dengan lambung dari kayu; b) lambung dan linggi dari kayu, lunas dari beton bertulang; c) linggi poros, linggi buritan dan lunas dari beton bertulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa a) metode pembuatan kapal dengan struktur beton-kayu dapat dilaksanakan; b) pembesian beton harus memenuhi syarat SNI yaitu selimut beton lebih dari 3 cm dan jarak antara pembesian minimal 2,5 cm. Persyaratan baut memenuhi syarat yaitu minimal diameter baut; dan c) waktu pelaksanaan kapal dengan struktur beton-kayu relatif lebih cepat 50 % dibanding kapal kayu.

**Kata kunci:** kapal beton-kayu, struktur kapal, waktu pembuatan kapal

### ABSTRACT

*The lack and expensive of wood price made it one of the reasons for developing ship structures with a combination of concrete and wood. This study aims to describe the method of building ships with concrete and wooden structures. Briefly the method of construction of ships with reinforced concrete structures is to make a combination of wood and reinforced concrete on certain parts of the ship. The parts consist of: a) wooden deck beams and wooden stringers, concrete frames with wooden hulls; b) wooden hull and bow, reinforced concrete keel; c) shaft sternpost, sternpost and reinforced concrete keel. The results showed that a) the method of shipbuilding with concrete-wood structure can be implemented; b) concrete must meet SNI standard requirements, namely concrete blankets of more than 3 cm and the distance between fixing is at least 2.5 cm. The requirements for bolts meet the requirements i.e. the minimum diameter of the bolt; and c) the execution time of ships with concrete-timber structures is relatively 50 % faster than wooden ships.*

**Key words:** ship construction duration, ship structure, wooden-concrete ship

### PENDAHULUAN

Konstruksi kapal merupakan bagian penting pada suatu kapal. Kekokohan dan keteguhan konstruksi menjadi salah satu faktor dalam menentukan keberhasilan operasi penangkapan ikan. Fungsi kapal penangkap ikan sebagai lahan kerja di laut menuntut konstruksi yang baik dan kuat.

Bahan konstruksi kapal di Indonesia masih didominasi oleh kayu. Namun demikian kayu sebagai bahan utama pembuatan kapal sudah semakin sulit didapatkan dan harganya cukup mahal khususnya untuk kayu dengan kelas kuat dan kelas awet 1 dan 2. Keterbatasan bahan kayu sebagai bahan konstruksi kapal mendorong penggunaan bahan lain untuk pembuatan kapal penangkap ikan. Berbagai bahan pembuatan konstruksi kapal yang sudah digunakan antara lain besi, alumunium dan *fibreglass*. Bahan-bahan tersebut digunakan sebagai bahan utama pada pembuatan kapal dengan kombinasi bahan kayu pada bagian-bagian yang merupakan struktur tambahan konstruksi kapal.

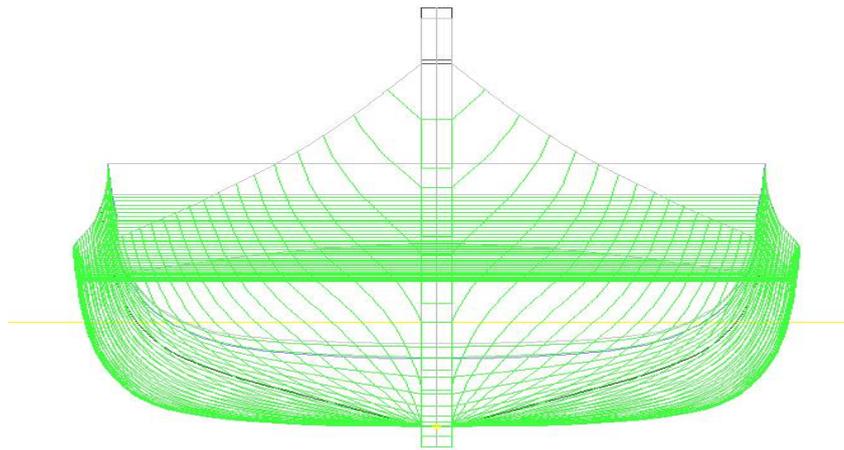
Darmawan (1986) menyatakan bahwa pada proses pembangunan kapal penangkap ikan tradisional belum dilengkapi dengan gambar-gambar desain seperti *deck profile, general arrangement, profile construction, lines plan, engine seating* dan lain-lain, serta belum dilengkapi dengan perhitungan trim, stabilitas, hidrostatis, dan sebagainya. Berdasarkan konstruksinya, Iskandar (1990) menyatakan bahwa metode pembuatan kapal penangkap ikan di Indonesia masih didominasi oleh metode yang diturunkan dari generasi sebelumnya, namun tidak menghilangkan unsur keteguhan strukturnya. Kapal-kapal penangkap ikan yang dibangun dengan metode ini terbukti dapat melaksanakan fungsinya dengan baik dan dengan perawatan kasko yang rutin dapat memperpanjang masa pakainya (Iskandar 1990). Metode pembuatan kapal kayu secara tradisional maupun modern sudah banyak diterapkan pada berbagai galangan kapal di Indonesia. Keterbatasan kayu sebagai bahan utama pembuat kapal telah memunculkan alternatif material kapal berbahan non-kayu seperti dijelaskan di atas. Pada penelitian ini dikembangkan konstruksi kombinasi kapal, yakni kayu dengan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan metode konstruksi kapal dengan struktur beton bertulang dan kayu sebagai alternatif dari harga kayu yang semakin mahal. Struktur beton dan kayu menjadi perpaduan antara kekuatan, fleksibel menghadapi karang dan berkelanjutan karena kayu dapat tumbuh (*renewable*).

## METODE PENELITIAN

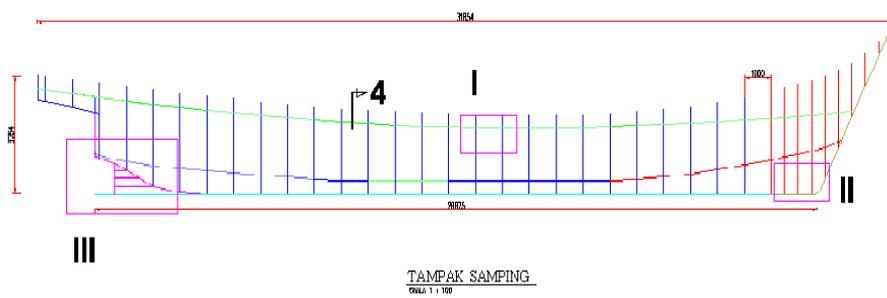
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Struktur beton dan kayu langsung diterapkan pada bagian utama struktur kapal, yakni lunas dan linggi. Data kapal *purse seine* yang digunakan adalah data kapal *purse seine* Aceh dengan dimensi sebagaimana dicantumkan pada Tabel 1. Gambar rencana garis *body plan* kapal disampaikan pada Gambar 1 dan bentuk konstruksi tampak samping kapal disampaikan pada Gambar 2. Gambar 3 menunjukkan gambar perspektif konstruksi kapal secara 3 dimensi. Gambar 4 menunjukkan struktur konstruksi secara detil dari Gambar 2 tampak samping. Pada Gambar 4 dan 5 digambarkan bentuk sambungan dan struktur kayu dan beton pada beberapa bagian kapal. Pendetilan gambar tampak samping konstruksi kapal disampaikan Gambar 4, 5, dan 6.

Tabel 1. Dimensi kapal *purse seine* Aceh yang digunakan

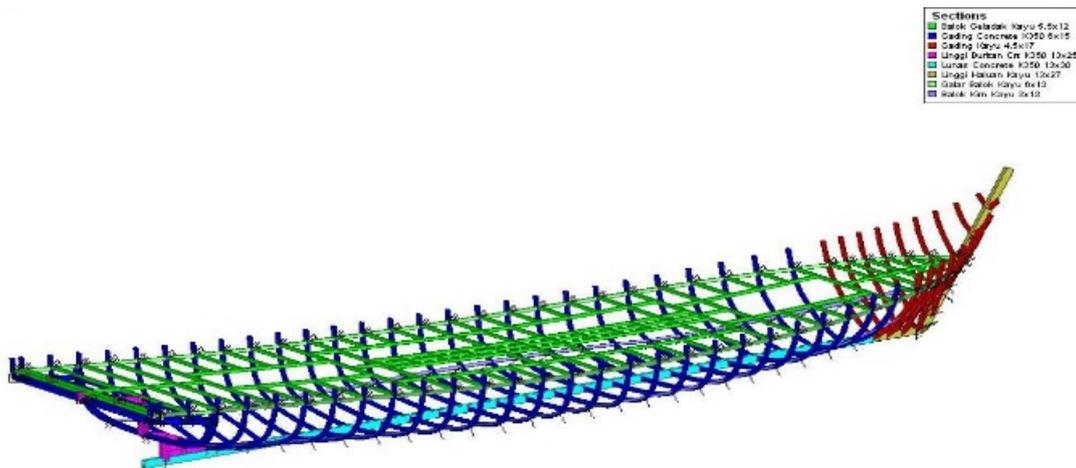
No.	Parameter	Nilai
1.	LOA (m)	25,00
2.	LPP (m)	20,50
3.	LWL (m)	20,70
4.	B (m)	6,50
5.	BWL (m)	6,10
6.	D (m)	1,33
7.	d (m)	1,00



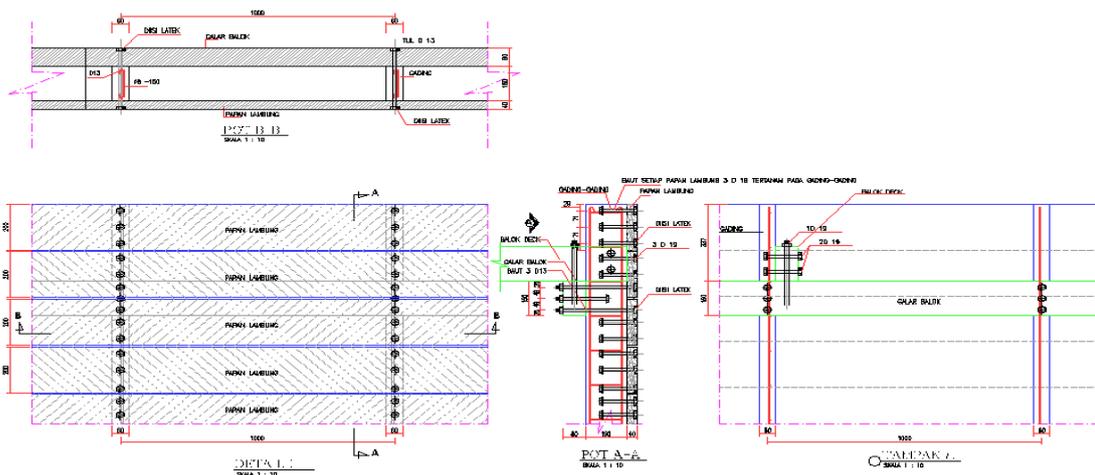
Gambar 1 *Body plan* kapal yang diteliti



Gambar 2 Rencana konstruksi tampak samping. Detil gambar I, II, dan III disampaikan pada Gambar 4, 5, dan 6

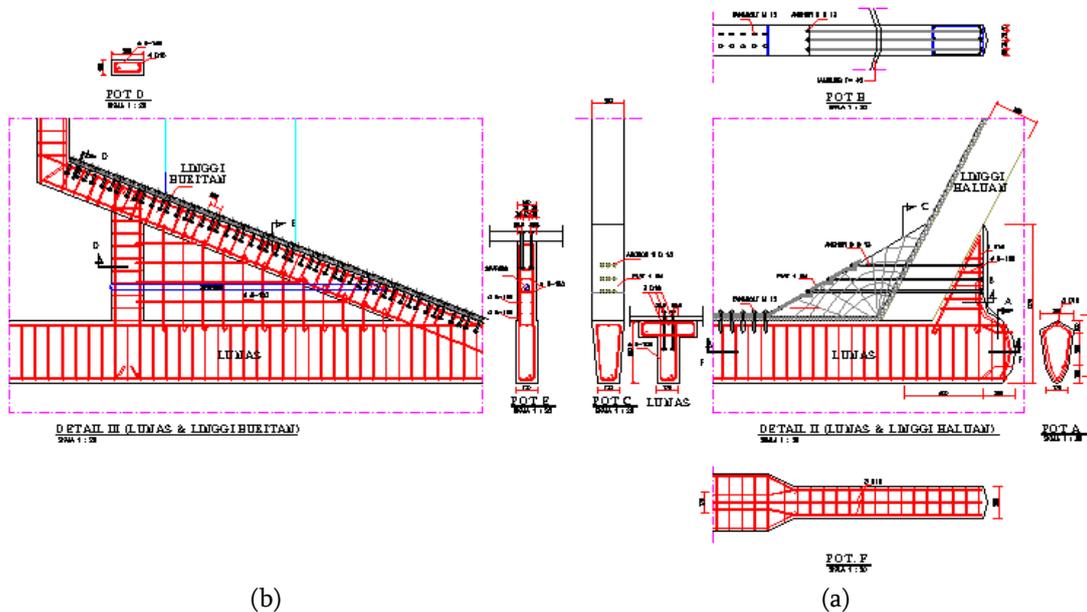


Gambar 3 Bentuk konstruksi kapal tampak samping dan perspektif 3D

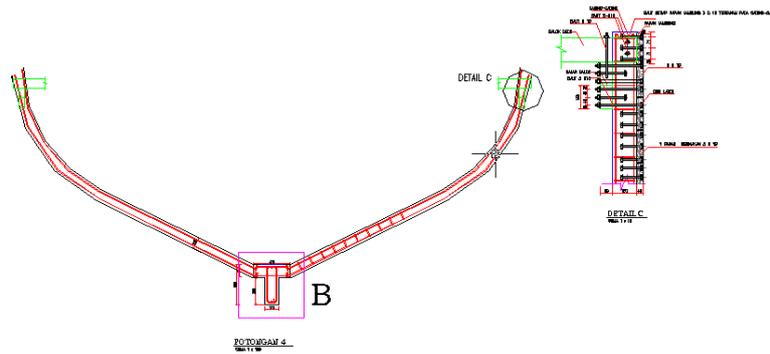


Gambar 4 Detil I adalah sambungan balok dek kayu dan galar kayu, gading-gading beton dengan lambung kayu. Sambungan baut pada lambung diisi lateks.

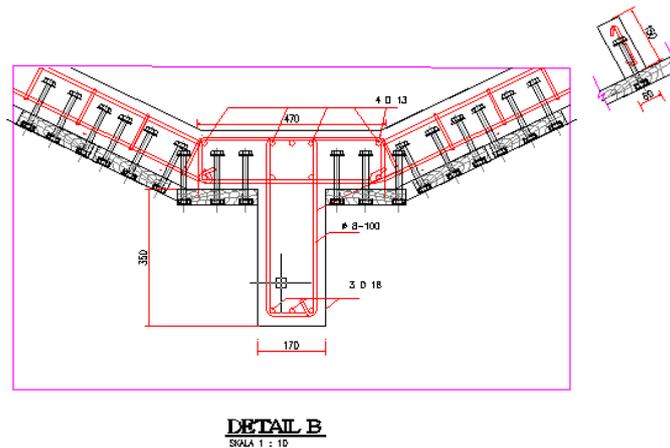
**DETAIL II = SAMBUNGAN LUNAS BETON DAN KAYU PADA LINGGI HALUAN + PAPAN LAMBUNG**  
**DETAIL III = SAMBUNGAN BETON PADA LUNAS, LINGGI BURITAN dan LINGGI POROS**



Gambar 5 (a) Detil II, sambungan lunas beton dan kayu pada linggi haluan dan papan lambung; (b) Detil III, sambungan beton pada lunas, linggi buritan dan linggi poros



(a)



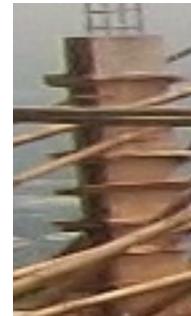
(b)

Gambar 6 (a) Struktur galar dan gading kayu; (b) Detail B

Pada proses pembuatan beton digunakan molen (Gambar 6a) untuk mencampurkan bahan-bahan pembuat beton, seperti pasir, semen dan batu pecah. Bekisting (Gambar 6b) untuk pengecoran juga digunakan pada proses pembuatan kapal beton-kayu ini.



(a)



(b)

Gambar 6 (a) Molen yang digunakan sebagai alat pencampur/pengaduk bahan pembuat beton; (b) Bekisting, sebagai pembuat cetakan pada struktur konstruksi yang dibutuhkan

Pelaksanaan struktur kapal dikerjakan secara paralel yaitu pekerjaan lunas, gading-gading dan linggi beton dicor pada waktu bersamaan demikian juga pemasangan kayu pada gading-gading dan linggi haluan. Urutan pelaksanaan sebagai berikut:

1. Membuat bekisting dan pembersihan lunas.
2. Membuat bekisting dan pembersihan gading-gading, linggi, linggi poros.

3. Pembuatan beton (bila tanpa *ready mix* dari *manufakturing*) diperhatikan mutu batu pecah (*split*), pasir dan semen. Mutu batu pecah yang baik adalah bergradasi ukuran 2-3 cm dan bentuk sisi banyak, kasar. Pasir beton dengan butiran kasar, bersih, tidak mengandung kimiawi. Semen yang tahan terhadap air laut dan tahan alkali.
4. Molen yang digunakan sebanyak volume pengecoran pada satu elemen. Hal ini diperlukan untuk pengecoran menerus (*continue*) sebanyak kubikasi elemen yang akan dicor misalkan lunas, linggi, minimal satu gading-gading.
5. Bekisting sebaiknya dari MDF 9 mm (multipleks dilapis kaca film) supaya rapih dan halus. Dalam pembuatan bekisting diperhatikan pengaku, *support* dan skur besi dengan jarak 40 cm supaya tidak terjadi deformasi.
6. Tumpuan pengecoran harus kuat, bentuk disesuaikan dengan bentuk lunas, linggi dan gading-gading yang diinginkan. Selain itu pengecoran harus padat, dibantu pemadatan dengan *vibrator*.
7. *Curing* (perawatan setelah pengecoran) beton lunas, linggi dan gading-gading harus ditutup karung basah agar penguapan air semen tidak cepat. Bila penguapan cepat akan mudah retak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pelaksanaan struktur kapal beton-kayu dapat ditinjau dari beberapa aspek yakni: perancangan, sumberdaya, keluasan lokasi pekerjaan dan keuangan. Penjelasan masing-masing aspek pada saat pembuatan *mock up* bagian haluan dan *midship* dijelaskan di bawah ini.

### 1. Perancangan

Beton yang digunakan adalah Beton K350. Beton jenis ini termasuk mutu tinggi dan kedap air, mudah digunakan dengan molen dan pencampurannya dapat dilaksanakan diberbagai tempat. Material beton ini juga perlu diperiksa di laboratorium untuk memastikan persyaratannya dipenuhi. Pada area yang akan dipasang baut perlu dipasang tambahan pembesian, diberi pengikat dan penguat. Pada lokasi yang gayanya relatif kecil, beton bagian tengah perlu dibuat *hollow* untuk mengurangi berat beton.

Untuk menghasilkan sambungan yang kuat beton harus dan menyatu (*monolith*) sehingga baut untuk sambungan beton dan kayu dipasang sebelum beton dicor. Kayu dilubangi untuk dipasang ulir atau kepala baut. Pengecoran harus menerus/tidak terputus pada pekerjaan berikut:

- a) Pada linggi belakang dan lunas;
- b) Pada gading-gading beton bertulang.

Pada sambungan kayu dan beton bertulang perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a) Linggi haluan kayu dan lunas beton
- b) Lambung kayu dan gading-gading beton
- c) Lambung kayu dan lunas beton
- d) Lambung kayu dan linggi buritan beton
- e) Gading-gading kayu dan lunas

Perhitungan sambungan dari hasil *output software* dengan variasi pembebanan 1,2 DL + 1,6 LL + 0,9 WL mengacu pada SNI Beton 2002. Sesuai standar jarak antar baut sebesar 3 kali diameter baut. Hal ini sudah diterapkan penulis pada detail perancangan (*design*) dengan memperhatikan kecukupan tempat sambungan baut, panjang baut yang masuk ke dalam beton minimal 1/3 dari tinggi beton atau berukuran 5 cm, juga telah dimasukkan pada perhitungan sehingga didapat gaya izin cabut baut. Kepala baut dipasang sebelum dicor pada sambungan beton bertulang dan kayu untuk menyatunya sambungan. Gambar-gambar sambungan telah disampaikan pada Gambar 3, 4 dan 5 di atas, yang terdiri dari:

- a) Sambungan balok dek kayu dan galar kayu, gading-gading beton dengan lambung kayu, sesuai detil I Sambungan baut pada lambung diisi lateks;
- b) Sambungan lambung kayu dengan lunas beton dan linggi kayu haluan sesuai detil II;

- c) Sambungan semua beton bertulang antara lunas, linggi poros, linggi buritan sesuai detil III; dan
- d) Galar dan gading-gading kayu dan sambungan gading-gading kayu dan lunas (detil B).

Triastuti *et al.* (2007) menyatakan bahwa hal yang perlu diperhatikan pada sambungan antar beton bertulang adalah:

- a) Panjang *overlap* pembesian;
- b) Panjang penyaluran pembesian (stek);
- c) Harus padat; dan
- d) Pengecoran menerus.

Hasil perhitungan volume pada beberapa bagian struktur beton adalah: lunas belakang 2,14 m<sup>3</sup>, lunas depan 0,21 m<sup>3</sup>, linggi buritan 0,19 m<sup>3</sup>, dan gading-gading 2,44 m<sup>3</sup>. Sementara itu hasil perhitungan volume untuk struktur kayu adalah sebagai berikut, lunas 2,35 m<sup>3</sup>, linggi buritan 0,47 m<sup>3</sup>, gading-gading 4,06 m<sup>3</sup>. Perhitungan ini menunjukkan bahwa struktur kayu memiliki volume yang lebih besar dibandingkan struktur beton.

## 2. Sumber daya

- a. Tenaga ahli dan terampil; peranan seluruh personal yang terlibat untuk melaksanakan komitmen “*quality first*” sehingga menghasilkan suatu produk yang bermutu. Seluruh personal harus memiliki *culture quality* yang baik. Koordinator/pimpinan tim perancangan harus memiliki jiwa *leadership* yang baik dalam pelaksanaan pembagunan kapal struktur beton-kayu ini. Triantuti (2008) menyatakan bahwa tenaga ahli yang dipekerjakan harus memiliki pengetahuan dan pemahaman tentang struktur disamping kemampuan dalam manajemen konstruksi. Tenaga ahli ini harus didampingi oleh tenaga terampil yang memahami pertukangan dan perkapalan. Tenaga ahli dan tenaga terampil perlu dilakukan pelatihan sehingga secara teknik, keselamatan, kerapian terpenuhi. Pelatihan membuat *shop drawing*, metode pelaksanaan, operasional dan perawatan kapal.
- b. Peralatan; peralatan yang dibutuhkan adalah peralatan untuk beton dan kayu. Molen kapasitas yang biasanya digunakan dan mudah didapatkan umumnya berkapasitas 0,6 m<sup>3</sup>, walaupun standar molen yang besar yaitu 0,8 m<sup>3</sup> juga tersedia dipasaran. Peralatan kayu dan beton harus tersedia dengan lengkap dan penggunaan molen harus selalu dalam kondisi bersih. Material batu pecah yang kasar dan bergradasi, pasir beton yang bersih dan semen yang tahan air laut. Waktu pelaksanaan kapal dengan struktur beton-kayu dengan metode seperti di atas untuk ukuran kapal 30 GT diperkirakan pelaksanaan sekitar dua bulan dengan cara pengecoran satu molen dilakukan sekaligus. Kebutuhan beton sekitar 5 molen pada masing-masing yaitu gading-gading, untuk lunas bersama linggi kurang lebih 5 kali molen. Bila dibandingkan dengan pelaksanaan di galangan kapal rakyat untuk kapal kayu sekitar empat bulan, sehingga kapal struktur beton-kayu relatif lebih singkat dalam proses pembuatannya.
- c. Material; material pembuatan beton yaitu pasir, batu pecah, semen dan bekisting. Selain itu tentunya kayu dan pengawet kayu serta pembesian dengan mutu BJ 39/40 digunakan ulir  $\varnothing \geq 13$  mm dan BJ 30 polos  $\leq 10$  mm.

## 3. Keleluasan lahan/ruang kerja

Keleluasan gerak akan mempermudah pembuatan kerangka/struktur kapal dan *finishing*-nya. Sehingga dapat menghasilkan kapal yang ekonomis, cepat dan kualitas baik. Area galangan kapal yang optimal minimal 140 % dari ukuran kapal, ruang berarti ruang gerak 40 % dari area galangan kapal, bila area galangan terbatas maka paling tidak 120 % dari ukuran kapal.

## 4. Dukungan keuangan

Dukungan keuangan akan sangat mempengaruhi kapal yang dihasilkan. Tanpa dukungan keuangan akan memperlambat pekerjaan dan hasilnya tidak optimal karena material tersebut tidak berkesinambungan. Dana minimum yang perlu disediakan sebesar 110 % dari perkiraan biaya

pelaksanaan. Hal tersebut untuk mengantisipasi ada elemen pekerjaan yang di tolak (*reject*) karena tidak memenuhi persyaratan.

Metode pelaksanaan sangat menentukan keberhasilan konstruksi kapal. Metode yang baik akan menghasilkan kapal yang memenuhi syarat dengan biaya optimal, waktu efektif, mutu/kualitas baik, serta kenyamanan atau keamanan pembuat kapal. Pengetahuan bahan dan pemahaman metoda pelaksanaan menentukan keberhasilan stuktur dan *finishing* kapal tersebut. Eisner (1997) menyatakan bahwa alasan yang paling kuat untuk suatu proyek konstruksi tidak memuaskan adalah:

- a) Kebutuhan artikulasi yang tak layak;
- b) Perencanaan yang minim;
- c) Keahlian yang tidak menerus dan *inadequate*;
- d) *Team work* rendah;
- e) Kurang komunikasi dan koordinasi;
- f) Monitoring kemajuan kurang; dan
- g) *Inferior corporate support*.

Triastuti (2008) menyatakan bahwa struktur beton dan kayu memiliki sifat yang berbeda. Beton lebih kuat menahan tekanan sementara kayu lebih kuat mendapat gaya tarik, sehingga dibatasi oleh tegangan ijin lentur, geser, *axial*, dan defleksi. Struktur sambungan dan pembesian/tulangan dibatasi oleh gaya ijin yang dapat diterima baut dan pembesian. Selain itu dibatasi oleh jarak antar baut dan jarak antara sambungan.

Pembuatan sambungan sangat berperan pada kekuatan struktur, setiap elemen harus terhubung sesuai dengan kebutuhan, standar yang berlaku dan gaya yang akan diterima. Standar yang digunakan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), SNI Peraturan Kayu dan Peraturan Beton 2002.

Sambungan baut terhadap kayu mengikuti standar Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) bahwa baut harus dari baja ST 37 atau logam dengan mutu setara. Lubang baut kelonggaran tidak boleh lebih dari 1,3 mm, diameter baut paling kecil 10 mm (3/8") untuk sambungan. Bila tebal kayu lebih besar dari 8 cm, harus dipakai baut dengan garis tengah paling kecil 12,7 mm (1/2") disertai tebalnya minimum 0,3 d pelat ikutan dan maksimum 5 mm dengan garis tengah 3d lebar 3 mm untuk bentuk persegi empat. Jika baut sebagai pelengkap maka tebal pelat ikutan dapat minimum 0,2 d dan maksimum 4 mm, dimana d = garis tengah baut (SNI Kayu 2002 dan 2013). Salah satu hasil pelaksanaan metode struktur kapal beton-kayu pada bagian sambungan lunas-linggi depan disampaikan pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil pelaksanaan metode struktur kapal beton-kayu pada bagian lunas-linggi depan (a) tampak depan; (b) tampak samping (c) tampak perspektif samping

## KESIMPULAN DAN SARAN

- a) Metode pembuatan kapal dengan struktur beton-kayu dapat dilaksanakan. Secara singkat metode konstruksi kapal dengan struktur beton bertulang adalah membuat kombinasi kayu dan beton bertulang pada bagian-bagian tertentu kapal. Bagian-bagian tersebut terdiri dari: a) balok *deck* dan galar dari kayu, gading-gading dari beton dengan lambung dari kayu; b) lambung dan linggi dari kayu, lunas dari beton bertulang; c) linggi poros, linggi buritan dan lunas dari beton bertulang.
- b) Pembesian beton harus memenuhi syarat SNI yaitu selimut beton lebih dari 3 cm dan jarak antara pembesian minimal 2,5 cm. Persyaratan baut memenuhi syarat yaitu minimal diameter baut.
- c) Waktu pelaksanaan kapal dengan struktur beton-kayu relatif lebih cepat 50 % dibanding kapal kayu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). 1996. Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut. Jakarta.
- Darmawan. 1986. Studi Tentang Rancang Bangun Kapal Ikan Jenis Katamaran. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 93 Hlm.
- Eisner, H. 1997. Essentials of Project and System Engineering Management, John Wiley & Sons Inc.
- Iskandar, B.H. 1990. Studi tentang desain dan konstruksi kapal Gillnet di Indramayu. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 153 Hlm.
- Standar Nasional Indonesia No 3. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- Standar Nasional Indonesia No 1726-2019. Beton.
- Standar Nasional Indonesia No 5-2002. Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia No. 7973: 2013. Konstruksi Kayu.
- Triastuti, N.S., Budhi, H.I., John, H., Sugeng, H.W. 2007. Sambungan Struktur dan Pembesian Struktur Beton Bertulang pada Kapal *Purse seine*. Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan. 7(1): 59-67.
- Triastuti, N.S. 2008. Pengembangan Struktur Alternatif Kapal Pukat Cincin Di Nangroe Aceh Darussalam. [Desertasi]. Sekolah Pasca Sarjana IPB Bogor. 126 Hlm.