

ANALISA KERETAKAN PADA KONSTRUKSI GELADAK UTAMA KM. ADRI XLIV

Solichin Djazuli Sa'id

Program Studi Diploma III Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Solichin Djazuli Sa'id, in this paper explain that ship KM. XLIV Adri is the kind of cargo ship (General Cargo). The ship has been designed in accordance with the rules and regulations of the class (Bureau of Classification Indonesia). From the results of the survey method of research vessel, discovered the damage to construction on the main deck, the cracks on the fulcrum side deck fit the front room and deck beams are broken the back of the main deck. Thus causing the curvature of the floor deck and it needs to be a replacement / repair of components damaged by construction ensuring shipping safety. From the calculation results and field studies, construction damage caused by welding is not good, cutting the material that is not true and the use of payload on the main deck in excess of the permitted capacity.

Key words: Cargo Ship , Construction Damages, Main Deck

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Setiap kapal yang akan dibangun harus memenuhi Standart/Rule yang telah ditetapkan oleh masing-masing Biro Klasifikasi. Rule dibuat dengan tujuan terpenuhinya kekuatan konstruksi, keindahan, dan yang paling penting adalah terjaminnya keselamatan pemakai kapal tersebut.

Hal-hal yang diatur oleh klasifikasi tidak hanya sebatas pada konstruksi saja, tetapi juga mengenai bahan/ material dan proses pengerjaan (*fabrication, fit-up, welding*).

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya keretakan pada suatu konstruksi kapal antara lain :

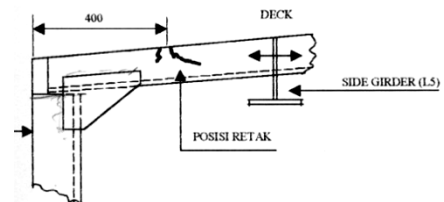
- Pemakaian material baja yang tidak tepat.
- Proses pemotongan pada saat *fabrication, fit-up* disetiap sambungan material
- Pengelasan yang tidak sempurna/ cacat las.
- Pembebanan yang berlebihan.

Oleh karena itu keretakan yang terjadi pada konstruksi dek utama Kapal KM ADRI XLIV sangat menarik untuk dilakukan penelitian dan dianalisa penyebab dari keretakan tersebut..

Kapal KM ADRI XLIV yang sedang melakukan *floating repair* di galangan PT. Jasa Marina Indah Semarang merupakan jenis kapal barang (*General Cargo Ship*)

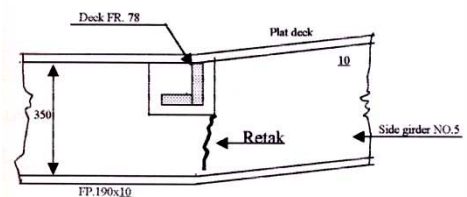
Dari hasil pemeriksaan konstruksi dilapangan diketahui adanya kerusakan (keretakan) pada konstruksi *Side Deck Girder* sisi sebelah kiri (PS) pada ruang muat bagian depan dan balok geladak (*Deck Beam*) yang retak dibagian belakang sisi sebelah kanan (SB) *Main Deck*.

- Bagian belakang ruang muat (*Cargo Hold*) Terdapat keretakan pada sisi vertikal material siku 80 x 80 x 8 *Deck beam* pada *frame* no. 33 dan 35 sisi kiri (PS) konstruksi didaerah ruang muat bagian belakang, jarak keretakan dari lambung 400 mm.



Gambar 1. Keretakan pada sisi vertikal

- Bagian depan *Cargo Hold* Adanya keretakan pada penumpu geladak samping (*Side Deck Girder*) no. 5 pada frame no. 78 sisi kanan dan kiri, pelat sobek arah vertikal pada pelat bilahnya. Keretakan juga terjadi daerah tekukan pelat geladak dan pada bagian sudut lubang (*Collar*) atau lubang penembusan balok geladak, panjang keretakan 270 mm



Gambar 2. Keretakan pada tekukan pelat

Untuk menentukan penyebab terjadinya keretakan pada konstruksi dek utama KM ADRI XLIV, dapat ditentukan dengan beberapa analisa, analisa dapat dilakukan dari hasil perhitungan yang didasarkan pada Rule yang ada, selain itu dapat juga dilakukan dengan analisa secara visual. Sehingga dari kedua analisa tersebut dapat diambil kesimpulan penyebab terjadinya keretakan pada konstruksi dek utama KM ADRI XLIV.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yang terkait dengan keretakan konstruksi utama pada kapal KM ADRI XLIV adalah sebagai berikut :

- Tahap pertama survey pada kapal untuk mengamati dan meneliti konstruksi geladak yang terjadi keretakan-keretakan dan dilakukan pengukuran (panjang keretakan), kemudian diambil gambar (foto) sebagai bahan kajian selanjutnya.
- Tahap kedua survey pada kapal untuk pengambilan data-data yang meliputi ukuran utama kapal (*Principal Dimension*), jarak gading, jarak antara penumpu geladak, ukuran balok-balok geladak dan ukuran profil penumpu geladak.
- Tahap ketiga adalah melakukan perhitungan-perhitungan antara lain :
 - Perhitungan beban geladak
 - Perhitungan beban sisi
- Tahap keempat :
 - Perhitungan tebal pelat geladak
 - Perhitungan tebal pelat sisi
 - Perhitungan modulus penampang balok geladak dan ukuran profilnya
 - Perhitungan modulus penampang penumpu geladak dan ukuran profilnya
- Tahap kelima merupakan analisa keseluruhan yang disertai dengan kesimpulan-kesimpulan dan secara analisis pencegahan keretakan pada konstruksi geladak.

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari penelitian ini untuk mengkaji dan mengevaluasi penyebab terjadinya kerusakan pada konstruksi dek utama kapal KM ADRI XLIV.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini sebagai bahan pertimbangan pada bangunan kapal baru khususnya pada proses prefabrication, fabrication, fit-up maupun welding, sehingga dapat memperkecil factor resiko yang akan diterima baik oleh pemilik maupun pemakai kapal dan sebagai bahan referensi bagi perencana, pemesan kapal dan pihak galangan sebagai pembuat kapal.

TINJAUAN PUSTAKA

Konstruksi kapal merupakan salah satu factor yang memegang peranan penting dalam pembangunan kapal. Mengingat kapal adalah alat transportasi laut, maka segala sesuatunya harus memenuhi standart keselamatan baik ABK maupun penumpang.

Oleh karena itu untuk memenuhi standart kekuatan kapal dibuatkan aturan-aturan / rule tentang konstruksi kapal oleh biro klasifikasi, baik klas dari dalam negeri (Biro Klasifikasi Indonesia) maupun klas asing seperti *American Bureau of Shipping (ABS)*, *Germanischer Lloyd (GL)*, *Nippon Kaiji Kyokai (NK)* dan sebagainya.

Disamping rule-rule dari klas dapat dijumpai pula buku-buku konstruksi kapal yang dibuat oleh para ahli perkapalan, seperti : *Merchant Ship Construction (DA. Taylor 1985)*, *Ship Design and Construction (Robert Taggart 1980)* dan masih banyak lagi buku-buku tentang konstruksi kapal, dimana buku-buku ini juga digunakan sebagai bahan literatur diperguruan tinggi dan dipakai pula sebagai bahan referensi oleh para perencana kapal.

Dari hasil survey diketahui, bahwa kapal KM ADRI XLIV menggunakan system konstruksi kerangka melintang.

Konstruksi Geladak

Geladak disamping berfungsi untuk kekedapan kapal, juga untuk melindungi barang-barang muatan dan ruang tempat tinggal ABK serta penumpang. Selanjutnya, geladak juga berfungsi menambah kekuatan memanjang kapal dan sebagian juga kekuatan melintang. Oleh sebab itu geladak harus betul-betul kedap air.

Geladak Kekuatan

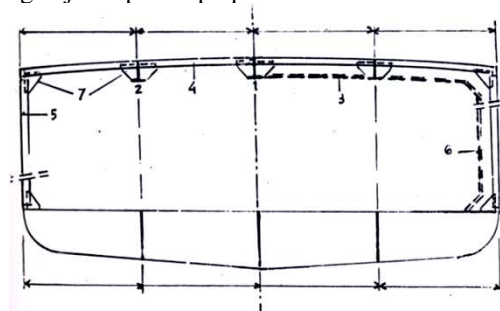
Yang dimaksud geladak kekuatan menurut BKI adalah geladak menerus teratas yang merupakan bagian utama sebelah atas untuk kekuatan memanjang kapal.

Selain itu juga geladak bangunan atas yang termasuk bagian 0,4 L tengah kapal dan panjangnya melebihi 0,15 L. Jika panjang bangunan atas ini kurang dari 12 m, maka geladaknya tidak termasuk geladak kekuatan.

Konstruksi Geladak pada system Konstruksi Kerangka Melintang

Konstruksi geladak pada system ini terdiri dari balok-balok geladak yang dipasang melintang, dimana pada ujung-ujungnya ditumpu oleh gading-gading yang diikat dengan *bracket*. Pada bagian tengah, balok-balok geladak ditumpu oleh penumpu geladak tengah, dan diantara penumpu tengah dan ujung-ujung balok geladak sebelah kiri/kanan ditumpu oleh satu atau dua penumpu geladak samping, dimana jumlah penumpu samping geladak tergantung dari ukuran lebar kapal.

Jarak penumpu geladak tengah dengan penumpu geladak samping dan jarak sesama penumpu geladak samping diberlakukan sama dengan jarak penumpu pada konstruksi alas.



Gambar 3. Kontruksi Geladak

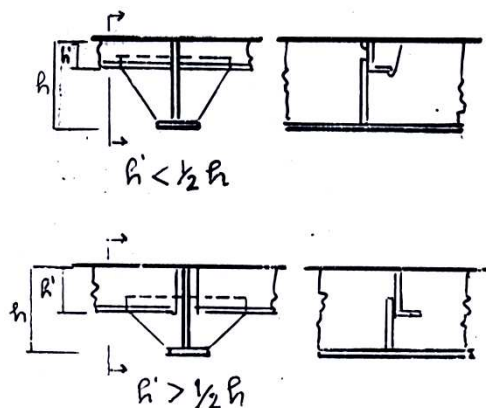
Keterangan :

1. Penumpu Geladak Tengah
2. Penumpu Geladak Samping
3. Balok Geladak Kekuatan
4. Balok Geladak
5. Gading
6. Gading Besar
7. Bracket

Balok-balok geladak melintang dapat menggunakan profil siku (L) atau plat dengan *bulb* (I) dan dipasang pada tiap jarak gading, tetapi pada jarak tertentu dipasang balok geladak besar/balok geladak kekuatan.

Balok-balok geladak melintang dapat dipasang menerus/menembus penumpu geladak tengah maupun penumpu geladak samping, apabila ukuran tinggi plat tegaknya kurang dari setengah ukuran plat bilah penumpu geladak tengah maupun penumpu geladak samping dan diikat dengan *bracket* pada kedua sisinya.

Tetapi apabila melebihi ukuran tersebut, maka balok geladak harus terputus dan diikat juga dengan *bracket*.



Gambar 4. Pemasangan balok pada geladak

Penumpu geladak tengah dan penumpu geladak samping merupakan tumpuan balok-balok geladak, oleh karena itu modulusnya besar dan biasanya profilnya berbentuk T. Begitu juga balok geladak besar/kekuatan yang dipasang antara 3 s/d 5 jarak gading, Bentuk profilnya adalah T.

PEMBAHASAN

Analisa konstruksi pada kapal dapat dilakukan dengan perhitungan, yang mana perhitungan-perhitungan dapat menggunakan beberapa rule yang ada, dalam hal ini perhitungan menggunakan rule dari Biro Klasifikasi Indonesia volume II (*Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships* tahun 2006). Dan setelah diadakan survey dikapal, diketahui bahwa kapal KM ADRI XLIV menggunakan system konstruksi kerangka melintang, dimana pada tiap-tiap gadingnya, baik gading-gading utama (*Main Frame*) maupun gading-gading besar (*Web Frame*) merupakan *Ring Construction*, sehingga beban yang ada pada geladak (*deck*) akan disalurkan ke lambung

dan alas. Oleh karena itu perhitungan dilakukan pada tiga bagian konstruksi tersebut.

Data-data ukuran utama kapal (*Principal Dimension*)

<i>Length Over All (LOA)</i>	= 66,60 m
<i>Length Water Line (LWL)</i>	= 62,40 m
<i>Length Between Perp. (LBP)</i>	= 60,60 m
<i>Breadth (B)</i>	= 13,50 m
<i>Depth (H)</i>	= 5,00 m
<i>Draught (T)</i>	= 2,45 m

Perhitungan Beban (*design load*) rule BKI section 4. Beban Alas Kapal (*load on the ship's bottom*)

$$P_b = 10 \times T + P_o \times C_f \quad (\text{KN/m}^2)$$

dimana :

$$T = 2,45 \text{ m (sarat kapal)}$$

$$P_o = 2,1 \times (C_b + 0,7) \times C_o \times C_L \times f \times C_{RW}$$

$$C_o = \frac{L}{25} + 4,1 \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$= \frac{60,60}{25} + 4,1$$

$$= 6,524$$

$$C_L = \sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$= \sqrt{\frac{60,60}{90}}$$

$$= 0,82$$

$$f = 1$$

$$C_{RW} = 1,0 ; \text{ for unlimited service range}$$

$$P_o = 2,1 \times (0,68 + 0,7) \times 6,524 \times 0,82 \times 1,0$$

$$= 15,50 \text{ (KN/m}^2)$$

$$C_f = 1,0 ; \text{ distributor factor at midship}$$

$$P_b = 10 \times T + P_o \times C_f \quad (\text{KN/m}^2)$$

$$= 10 \times 2,45 + 15,50 \times 1,0$$

$$= 40 \quad (\text{KN/m}^2)$$

Beban Sisi Kapal (*load on ships side*)

$$P_s = 10 \times (T - Z) + P_o \times C_f \times \left(1 + \frac{Z}{T}\right)$$

(KN/m²), for below load waterline

dimana :

$$T = 2,45 \text{ m}$$

$$Z = \frac{1}{3} \times T \quad (\text{m}); \text{ vertical}$$

distance of the structure's load centre

$$= \frac{1}{3} \times 2,45 \quad \text{above baseline}$$

$$= 0,816 \text{ m}$$

$$P_o = 15,50 \text{ (KN/m}^2)$$

$$C_f = 1,0$$

$$P_s = 10 \times (T - Z) + P_o \times C_f \times \left(1 + \frac{Z}{T}\right)$$

(KN/m²)

$$= 10 \times (2,45 - 0,816) + 15,50 \times 1,0 \times$$

$$\left(1 + \frac{0,816}{2,45}\right)$$

$$= 37 \quad \text{KN/m}^2$$

Beban pada Geladak Muatan (*load on cargo deck*)

$$PL = P_c \times (1 + a_v) \quad (\text{KN/m}^2)$$

dimana :

$$P_c = 15 \quad \text{KN/m}^2$$

$$A_v = F \times m$$

$$F = 0,11 \times \frac{v_o}{\sqrt{L}} ;$$

$$v_o = 10,00 \text{ knot (ship speed)}$$

$$= 0,11 \times \frac{10}{\sqrt{60,60}}$$

$$= 0,141$$

$$m = 1,0 ; \text{ for } 0,2 \leq X/L \leq 0,7$$

$$A_v = 0,141 \times 1,0$$

$$= 0,141$$

$$PL = 15 \times (1 + 0,141)$$

$$= 17,12 \quad (\text{KN/m}^2)$$

Perhitungan Tebal Plat

Tebal Plat Alas (*bottom plating*)

$$t_B = 1,9 \times n_f \times a \times \sqrt{P_b \times k} + t_k \quad (\text{mm})$$

dimana :

$$n_f = 1,0 ; \text{ for transverse frame}$$

$$a = 0,6 \text{ m ; frame spacing}$$

$$P_b = 40 \quad \text{KN/m}^2 ;$$

load on the ship's bottom

$$k = 1,0 ; \text{ material factor}$$

$$t_k = 1,5 ; \text{ corrosion factor}$$

$$t_B = 1,9 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{40 \times 1,0} + 1,5$$

$$= 8,71 \quad \text{mm ; on ship} = 10,00 \text{ mm}$$

Tebal Plat Sisi (*side shell plating*)

Rule BKI 2006 ; sec. 6 e.1.1 (for L < 90 m)

$$t_s = 1,9 \times n_f \times a \times \sqrt{P_s \times k} + t_k \quad (\text{mm})$$

dimana :

$$n_f = 1,0$$

$$a = 0,6 \text{ m}$$

$$P_s = 37,00 \text{ KN/m}^2$$

(load on the ship's side)

$$k = 1,0$$

$$t_k = 1,5$$

$$t_s = 1,9 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{37 \times 1,0} + 1,5$$

$$= 8,43 \quad \text{mm ; on ship} = 10,00 \quad \text{mm}$$

Tebal Plat Geladak (*deck plating*)

Rule BKI 2006 ; sec. 7 (for L < 90 m)

$$t_D = 1,9 \times n_f \times a \times \sqrt{P_D \times k} + t_k \quad (\text{mm})$$

dimana :

$$n_f = 1,0$$

$$a = 0,6 \text{ m}$$

$$P_D = 17,12 \text{ KN/m}^2$$

(load on cargo deck)

$$k = 1,0$$

$$t_k = 1,5$$

$$t_D = 1,9 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{17,12 \times 1,0} + 1,5$$

$$= 6,21 \quad \text{mm}$$

$$t_{D \text{ min}} = (4,5 + 0,05 \times L) \sqrt{t}$$

$$= (4,5 + 0,05 \times 60,60) \sqrt{1}$$

$$= 7,27 \quad \text{mm ; on ship} = 10,00 \quad \text{mm}$$

Perhitungan Balok Geladak (*deck beam*) dan penumpu balok geladak (*centre deck girder*).

Untuk menentukan ukuran material *deck beam* dan *center/deck girder* terlebih dahulu dihitung modulusnya.

Balok Geladak (*deck beam*)

Modulus penampang *deck beam* , rule BKI sec. 10.B.1

$$W = c \times a \times P \times l^2 \times k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$c = 0,75$$

$$a = 0,6 \text{ m ; deck beam's space}$$

$$P = 17,12 \text{ KN/m}^2$$

$$l = 2,25 \text{ m ; deck girder space}$$

$$k = 1$$

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 17,12 \times (2,25)^2 \times 1$$

$$= 39,00 \quad \text{cm}^3$$

Dari tabel profil didapat

$$W = 39,00 \text{ KN/m}^2 ; \text{ material L 80.65.6 ; on ship L 80.80.8}$$

Penumpu Balok Geladak (*center, side deck girder*)

Modulus penampang *center, side deck girder*

$$W = c \times e \times l^2 \times P \times k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$e = 2,25 \text{ m ; deck girder's space}$$

$$l = 3,0 \text{ m ; web beam's space}$$

$$W = 0,75 \times 2,25 \times (3,0)^2 \times 17,12 \times 1$$

$$= 277,34 \text{ cm}^3$$

Dari modulus penampang $W = 277,34 \text{ cm}^3$ didapat ukuran material T 225.8 FP 100.8

Koreksi modulus

$$F = 50 \times 1$$

$$= 50 \quad \text{cm}^2$$

$$f_s = 22,5 \times 0,8$$

$$= 18 \quad \text{cm}^2$$

$$f = 10 \times 0,8$$

$$= 8 \quad \text{cm}^2$$

$$f_s/f = 18/50$$

$$= 0,36$$

$$f/F = 8/50$$

$$= 0,16$$

Dari diagram didapat $W = 0,25$

$$W_k = w \times F \times h$$

$$= 0,25 \times 50 \times 22,5$$

$$= 281,25 \text{ cm}^3$$

$W_k > W$ perhit

On ship T 350.8 FP 200.8 ; $W = 850 \text{ cm}^3$

W terpasang $> W$ rule

Side Deck Girder with Wheel House

Modulus penampang penumpu samping pada sisi ambang palka

Rule BKI 2001. sec. 10.B.4.1

$$W = c \times e \times l^2 \times P \times k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

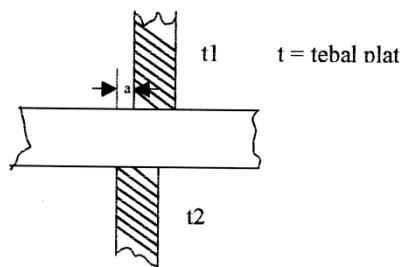
$c = 0,7$
 $e = 6,625 \text{ m}$; width of deck support
 $P = 17,12 \text{ KN/m}^2$
 $l = 3 \text{ m}$; un-support span
 $k = 1$
 $W = 0,75 \times 6,625 \times (3)^2 \times 17,12 \times 1$
 $= 730,9 \text{ cm}^3$
 On ship : T 350.8 200.8
 $W : 850,0 \text{ cm}^3$
 $W \text{ terpasang} > W \text{ rule}$

Analisa Visual dari Hasil Survey

Setiap konstruksi yang terpasang dikapal haruslah memenuhi standart mutu yang telah ditentukan oleh biro klasifikasi. Tidak dipenuhinya syarat yang ada akan secara langsung maupun dalam jangka tertentu terhadap kehandalan konstruksi dari badan kapal tersebut. Selain dari perhitungan, pemasangan material juga harus sesuai dengan rule yang ada, posisi pemasangan, bentuk dari potongan-potongan yang tepat sehingga distribusi tegangan dapat sesuai dengan hasil perencanaan.

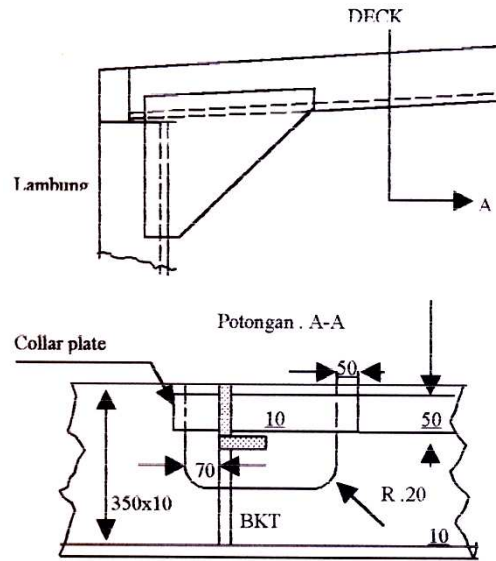
Dari hasil survey dapat diketahui bahwa, menunjuk point 1 (kerusakan pada bagian belakang *cargo hold*)

Terjadinya kerusakan tersebut dimungkinkan oleh adanya *missalignment* antara *stay bulwark* dengan balok geladak pada bagian tersebut. Adanya beban tekuk antara *side girder* no. 4 dengan gading yang arahnya keatas yang menyebabkan retak arah vertikal pada siku balok geladak. Hal ini berhubungan dengan beban yang diijinkan untuk konstruksi tersebut.



Gambar 5. Kerusakan akibat missalignment

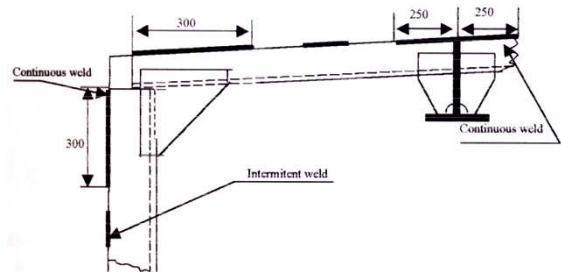
Sarananya adalah pemasangan *stay bulwark* harus sesuai *inline* dengan balok geladak. Menurut standart mutu yang ada pemasangan *stay bulwark* harus *inline* jarak *missalignment* maksimal yang diijinkan sebesar $a < 1/3 \cdot 12$. Kondisi dikapal menunjukkan jarak tersebut melebihi dari jarak yang telah ditentukan. Perlunya penambahan *bracket* antara *side girder* no. 5 dengan balok geladak pada *frame* 32 ; 33 ; 35 ukuran dan posisi sesuai gambar 6.



Gambar 6. Ukuran dan posisi balok

Kurang sempurnanya pengelasan disekitar *bracket* . sempurnanya pengelasan sangat mempengaruhi kekuatan konstruksi, karena pengelasan merupakan hal utama yang mengikat /menghubungkan tiap-tiap konstruksi hingga menjadi sebuah kapal.

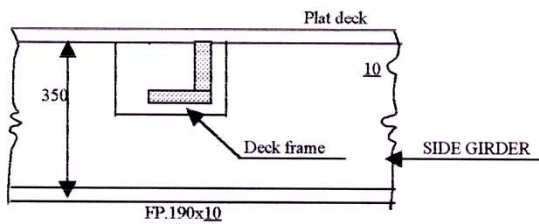
Dari hasil pengamatan, kurangnya *round weld* serta posisi pengelasan haruslah sesuai rule yang telah ditentukan. Secara garis besar dapat dilihat seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Kontruksi pengelasan

Menunjuk poin 2 (kerusakan di *cargo hold* depan). Terjadinya keretakan pada *side girder* no. 5 pada *frame* 78 kanan dan kiri. Posisi keretakan terjadi pada daerah tekukan plat geladak dan bagian sudut lubang penembusan balok geladak. Timbulnya keretakan pada plat *girder* dimungkinkan adanya kesalahan pemotongan pada lubang *collar* seperti pada gambar 8.

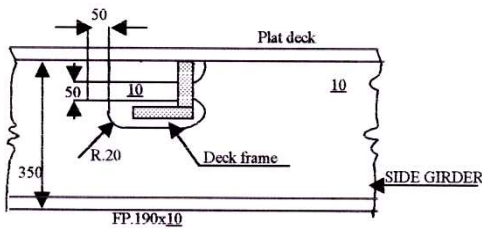
KONDISI DI LAPANGAN



Gambar 8. Kesalahan lubang collar

Tidak adanya penerusan kekuatan dari *side girder* ke balok geladak. Tidak *inlinenya* antara *stay bulwark* dengan balok geladak juga dapat menimbulkan getaran didaerah tersebut.

Sesuai standart yang ada pemotongan lubang *collar* haruslah seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Standar pemotongan lubang collar

Bagian yang retak supaya diganti minimal satu kali jarak gading.

Catatan : penambahan *bracket* dua sisi.

Perlu ditambahkan *bracket* dan *collar plate* pada *frame 77 ; 78 dan 79*

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan survey yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dari hasil perhitungan yang dalam hal ini menggunakan rule dari BKI volume II tahun 2006 diperoleh hasil sebagai berikut :

	On ship	Perhitungan
Bottom Plate Thickness	10 mm	8,71 mm
Side Shell Plate Thickness	10 mm	8,43 mm
Deck Plate Thickness	10 mm	7,27 mm
Modulus Penampang Main Frame	57 cm ³	46,19 cm ³
Modulus Penampang Web Frame	570 cm ³	217,4 cm ³
Modulus Penampang Side Striner	570 cm ³	258,0 cm ³
Modulus Penampang Deck Beam	52 cm ³	39,00 cm ³
Modulus Penampang Deck Girder	850 cm ⁴	277,34 cm ⁴
Deck Girder with Wheel Load	850 cm ⁴	730,cm ⁴

Tebal plat telah memenuhi syarat yang ditentukan sesuai rule dari BKI volume 2006.

Modulus penampang *girder* telah memenuhi syarat karena modulus yang terpasang lebih besar dari modulus hasil perhitungan.

Sesuai perhitungan dek sanggup menahan beban truk dan muatan seberat 10 ton/m²

Dari hasil survey yang telah dilakukan didapat kesimpulan, keretakan yang terjadi karena konstruksi yang tidak sesuai dengan rule seperti :

- Missalignment
- Pengelasan yang tidak sempurna/tidak sesuai
- Pemotongan material yang tidak tepat.
- Beban geladak yang diijinkan menurut rule BKI dengan konstruksi yang ada hanya 10 ton/m². Pada prakteknya dibebani 15 s/d 30 ton/m².

Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan :

- Konstruksi yang inline
- Pengeelasan dan pemotongan material yang benar dan sempurna
- Penambahan beberapa konstruksi pada bagian main deck
- Perlu sosialisasi kepada crew kapal dengan beban berlebihan akan terjadi beberapa akibat antara lain : Konstruksi kapal bergetar pada semua konstruksi lambung baik mulai haluan kapal sampai kamar mesin. Akibat dari getarnya konstruksi banyak terjadi keretakan dimana-mana seperti penjelasan keretakan konstruksi didepan

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim,2001, **Rules for the Classification and Construction of Seagoing Steel Ship**. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta.
2. Pussex, H J, 1975, **Merchant Ship Construction**, sixth Edition, Glasgow : Brown, Son and Ferguson, Ltd, Nautical Plubisher.
3. Taggart, Robert, 1980, **Ship Design and Construction**, The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
4. Taylor, DA, 1985, **Merchant Ship Construction**, London, Boston Butterworths.