

KEKUATAN STRUKTUR KONSTRUKSI KAPAL AKIBAT PENAMBAHAN PANJANG

Thomas Mairuhu^{*)}

Abstract

The passenger cargo ship which has $\Delta = 350$ ton and 37 meter in length between perpendicular was prolonged in 4 meter in the middle. The ship owner does not understand that if ship will be prolonged than it will affect the strength of the structure especially the longitudinal strength of ship. Based on the requirement of ship owner, the target of prolong of that ship is to increase the dead weight capacity; by means the income will also be increase. That is economic aspect consideration, but technically, it will be increase the longitudinal load distribution on the ship structure. Consequently the bending moment occurred will also be increase. Based on the of Indonesia Classification Rule - BKI, compression and tension stress respectively are 750 – 1100 kg/cm² and 1000 – 1650 kg/cm². Theoretically calculation, after increasing the length of ship, the stress on the bottom and the the deck of the ship are 102 kg/cm². It means the strength of the structural construction of ship is in safe condition.

Keywords : *the intensitas load - q, bending moment - M, section modulus - W, stress - σ*

I. PENDAHULUAN

Proses perancangan sebuah kapal mencakup berbagai aspek baik teknis, ekonomis dan eksploitasi. Kekuatan struktur konstruksi merupakan salah satu aspek teknis yang turut memengaruhi tingkat keamanan kapal di saat bereksplotasi baik di kondisi laut yang tenang maupun bergelombang. Struktur konstruksi kapal akan mengalami berbagai beban antara lain beban internal yang disebabkan oleh pembebanan yang ada di kapal dan beban external seperti gelombang laut serta posisi kapal terhadap gelombang itu sendiri dan juga angin. Tolak ukur yang dapat menjamin kekuatan struktur kapal adalah tegangan (stress) yang dialami oleh struktur konstruksi di saat beroperasi di kondisi kritis haruslah lebih kecil daripada tegangan dari material yang dipakai untuk membentuk komponen konstruksi.

Sebuah kapal tipe penumpang barang yang menggunakan konstruksi baja milik P.T.Agra Setia Lines, melayari trayek Manado - Sangihe Talaud [p.p] sesuai keinginan pemilik kapal (ship owner) diperpanjang 4,00 meter, sehingga panjang kapal semula 37,00 m bertambah menjadi 41,00 m. Secara teoritis penambahan ini akan berpengaruh pada kekuatan memanjang kapal, dimana momen lentur kapal akan membesar yang tentunya akan merubah tegangan kapal sehingga

tegangan yang bekerja di kapal akan menjadi lebih besar dari tegangan sebelum terjadi penambahan panjang. Bertolak dari permasalahan inilah maka dikajilah kekuatan kapal tersebut sebagai akibat dari penambahan panjang

II. KAJIAN PUSTAKA

1. System Konstruksi Kapal

1) System konstruksi melintang

Kapal yang terbuat dari material baja mempunyai pelat alas (bottom plate) umumnya dipasang memanjang. Setiap deret pelat dinamakan lajur (strake). Pada bahagian tengah ada pelat yang disebut lunas pelat (flat plate keel) yang memanjang kapal atau ad juga lunas batang (bar keel) yaitu sebuah batang yang memanjang. Tepat di bagian tengah kapal dan tegak lurus pelat lunas rata ada lunas d alam tengah (centre keelson). Pelat alas diperkuat oleh wrang (floor) yang dibuat melintang kapal. Setiap sisi kapal yang sejajar lunas dalam tengah terdapat lunas dalam samping (side keelson). Lunas dalam tengah, lunas samping dan wrang terdiri dari pelat bilah (web plate) yang tegak lurus pelat dasar dan pelat hadap (face plate) yang menumpang datar di atasnya, sehingga masing-masing membentuk huruf T. Konstruksi demikian disebut konstruksi alas tunggal (single bottom). Jika semua pelat hadap diganti dengan

^{*)} Thomas Mairuhu ; Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti

sebidang pelat yang menutup seluruh dasar, maka diperoleh konstruksi dasar yang rangkap dua. Konstruksi ini disebut alas dalam (tank top). Alas dalam tersebut biasa terus mendatar sampai bertemu dengan pelat sisi, namun sering juga pelat alas dalam menyerong ke bawah di bagian tepi penumpu tengah (centre girder) dan penumpu samping (side girder). Alas ganda ini juga lebih kuat dari dasar tunggal, hingga sebagian wrangnya dapat dibuat lebih ringan. Jadi wrang alas penuh (solid floor) yang seluruhnya terbuat dari pelat dan ada wrang terbuka (open floor / bracket floor) yang terdiri dari dua buah lutut (bracket), gading dasar (bottom frame) yang menempel pada alas dalam. Alas ganda selalu dipakai untuk tangki dan untuk membatasi tangki yang satu dengan yang lainnya dipasang wrang kedap air (water tight floor) atau wrang kedap minyak (oil tight floor). Antara tangki dengan tangki yang berlainan sering ada ruang kosong. Ruang ini disebut ruang pemisah (cofferdam). Pelat alas dan pelat lambung atau pelat sisi saling dihubungkan oleh pelat melengkung yang disebut pelat bilga (bilga plate). Pada pelat bilga dipasang lunas bilga (bilga keel) yang memanjang. Pelat sisi diperkuat oleh gading-gading (frame) yakni baja siku yang dipasang tegak melintang. Gading dan wrang terletak sebidang dan saling dihubungkan dengan lutut bilga (bilga bracket, tank side bracket). Gading-gading ini dipasang pada jarak tertentu sepanjang kapal dan jarak ini disebut jarak gading (frame spacing). Sebagian dari gading digantikan oleh gading besar (web frame) yang dihubungkan dengan wrang alas penuh. Daerah memanjang pelat sisi kadang-kadang dipasang satu atau lebih senta sisi atau senta lambung (side stringer). Gading besar dan senta sisi di atas pelat balik dan pelat hadap. Pelat sisi yang bertemu dengan geladak kekuatan (strength deck) dan disebut pelat lajur atas (sheer strake) dan biasanya lebih tebal dari pelat sisi lainnya. Geladak terdiri dari pelat geladak (deck plate) dan pelat geladak kekuatan yang bertemu dengan pelat sisi (deck stringer, stringer plate).

Dengan demikian system konstruksi di atas, dapat dikatakan bahwa kekuatan melintang kapal terdapat pada pelat yang melintang kapal. Jadi kekuatan ada pada pelat yang melintang kapal; maka system konstruksi ini disebut konstruksi melintang.

2) System konstruksi memanjang

System konstruksi memanjang, alas tunggal dibuat sebagai berikut : pelat alas serta semua lunas dibuat seperti pada konstruksi melintang, yaitu baja siku yang dipasang pada jarak tertentu selebar kapal. Jarak ini dinamakan jarak pembujur (longitudinal spacing). Pembujur ini ditumpu pelintang atas (bottom transversal) yang terdiri dari pelat bilah dan pelat hadap. System konstruksi kerangka memanjang alas ganda dibuat sebagai berikut : pelat alas dalam dan semua penumpu alas dibuat sama seperti system kerangka melintang. Pelat alas diperkuat oleh pembujur alas, sedangkan pelat alas dalam diperkuat oleh pembujur alas dalam (tanktop longitudinal). Kedua pembujur ini ditumpu oleh pelintang alas yang dipasang tiap beberapa jarak gading melintang. Pelat sisi diperkuat oleh pembujur sisi (side longitudinal) yang memanjang kapal dan pembujur ini ditumpu oleh pelintang sisi (side transverse) yang berupa pelat bilah dan pelat hadap. System konstruksi kerangka memanjang pelat geladak diperkuat oleh pembujur geladak (deck longitudinal) yang memanjang pada arah melintang kapal ditumpu oleh pelintang geladak (deck girder) yang terletak memanjang. Pelintang alas dan sisi dan pelintang geladak diletakan pada satu bidang sehingga membentuk satu cincin yang kokoh. Daerah sekeliling palkah tetap dipasang penumpu sisi palka dan balok anjungan palka. System konstruksi kerangka memanjang, penguat berada pada pelat memanjang kapal, semua pembujur yang dipasang memanjang kapal. System konstruksi kerangka memanjang kapal biasanya digunakan untuk kapal-kapal yang panjang di atas 50 meter.

3) System konstruksi campuran

System konstruksi campuran adalah system konstruksi yang terdiri dari system kerangka melintang dan memanjang kapal. Konstruksi alas kapal, baik alas tunggal maupun alas ganda dibuat menurut system kerangka memanjang kapal. Jadi pelat alas diperkuat oleh pembujur-pembujur alas. Konstruksi sisi kapal dibuat menurut system kerangka melintang kapal, ini berarti pelat sisi diperkuat oleh gading-gading melintangnya. Konstruksi geladak dibuat menurut system kerangka memanjang kapal, maka pelat geladak diperkuat oleh pembujur geladak. Jadi dengan demikian daerah yang mendapat pembebanan tarik dan tekan yang paling besar, yakni di alas dan di geladak system kerangka memanjang kapal, sedangkan untuk daerah yang terutama mendapat pembebanan geser yaitu pelat sisi dan sekat digunakan system kerangka melintang kapal. Dilihat dari karakteristik beban yang bekerja pada kapal, dapat dilakukan pengelompokan sebagai berikut :

- (1) Beban statis yaitu, beban yang bersifat tetap; misalnya beban dari berat kapal dan beban dari gaya tekan ke atas.
- (2) Beban dinamis dengan frekuensi rendah yaitu beban yang timbul dalam tenggang waktu beberapa saat dengan frekuensi getaran yang cukup rendah dibandingkan dengan frekuensi getaran lambung kapal.
- (3) Beban dinamis berfrekuensi tinggi yaitu, beban yang berubah-ubah dengan frekuensi yang cukup tinggi dan dapat menimbulkan tegangan pada konstruksi kapal; misalnya beban hidrodinamis yang disebabkan oleh putaran propeller di kapal dan adanya putaran motor penggerak kapal.

2. Jurnal Pembebanan Kapal

Untuk menggambarkan grafik pembebanan yang dialami oleh konstruksi kapal, dibutuhkan data perhitungan komponen konstruksi kapal. Untuk mendapatkan nilai titik berat kapal (X_g) diperlukan data perhitungan berat elemen

konstruksi kapal yang tercakup dalam deplasemen berat, kemudian didistribusikan untuk setiap spasi gading praktis.

Pada table jurnal pembebanan, dihitung intensitas beban (P_i) tiap spasi gading praktis dan absis titik berat kapal (X_g).

3. Pengetriman Kapal

Trim merupakan perbedaan antara tinggi syarat haluan dan buritan, sebagai akibat dari penempatan muatan yang diangkat oleh kapal itu sendiri. Akibat dari perbedaan ini maka luas permukaan basah kapal ini akan berubah dan akan menyebabkan perubahan letak titik tekan kapal (X_c), sementara titik berat (X_g) akan selalu tetap. Agar kapal berada dalam posisi seimbang, maka titik berat (X_g) dan titik tekan (X_c) harus berada pada satu garis lurus vertical. Apabila dalam kenyataannya posisi titik berat tidak berada pada satu garis lurus vertical dengan titik tekan maka perlu diadakan koreksi. Proses pengetriman dinyatakan cukup apabila perbedaan posisi titik berat dan titik tekan kapal lebih kecil dari 0,1% L_{bp} .

$$X_g - X_c \leq 0,1\% L_{bp}$$

Dengan demikian pengetriman perlu dilakukan untuk mendapatkan posisi titik berat dan titik tekan kapal yang sesuai dengan ketentuan di atas.

4. Intensitas Pembebanan

Kapal dalam eksploitasinya mengalami gaya-gaya yang bekerja padanya saling berlawanan arah, yaitu gaya berat dan gaya apung. Gaya berat merupakan penjumlahan berat kapal kosong - LWT dan bobot mati kapal - DWT. Pemindahan gaya berat dan volume kapal ke air menimbulkan gaya apung yang merupakan reaksi dari air tersebut. Besarnya gaya apung ini sebanding dengan berat kapal yang terapung. Selisih antara kurva gaya berat dan gaya apung akan menghasilkan kurva pembebanan. Baik kurva gaya berat, gaya apung maupun kurva pembebanan dibuat dalam bentuk tangga per spasi gading. Jika

kurva gaya berat dan gaya apung akurat sama, maka luas daerah yang menyatakan kombinasi kelebihan gaya berat dan gaya apung haruslah sama. Persamaan untuk intensitas gaya berat, gaya apung dan intensitas pembebanan dapat dinyatakan sebagai berikut :

1) Intensitas gaya berat :

$$p_i = (P_i) / \Delta L \quad [\text{ton}]$$

2) Intensitas gaya apung :

$$r_i = \frac{\omega_i + \omega_{i+1}}{2} \cdot \gamma \quad [\text{ton/m}]$$

3) Intensitas pembebanan :

$$q_i = p_i - r_i \quad [\text{ton/m}]$$

untuk :

P_i - berat komponen kapal

per spasi gading [ton]

ΔL - spasi gading [m]

ω_i - luas bidang gading [m²]

- berat jenis air [ton/m³]

5. Gaya Geser dan Momen Lentur

Setelah diperoleh besarnya nilai intensitas pembebanan, maka gaya geser (N) merupakan jumlah aljabar pembebanan yang bekerja sepanjang penampang kapal, dan dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$N_x = \int q_x \cdot dx \quad [\text{ton}]$$

Secara praktis rumus di atas dapat ditulis sebagai berikut :

$$N = q_i \times \Delta L \quad [\text{ton}]$$

Sedangkan momen lentur (M) merupakan jumlah aljabar momen gaya-gaya yang bekerja sepanjang penampang kapal, dan dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$M_x = N_x \cdot \int dx = q_x \cdot dx^2 \quad [\text{ton.m}]$$

6. Modulus Penampang Kapal

Modulus penampang merupakan nilai suatu perbandingan antara momen inersia suatu penampang terhadap sumbu yang melalui titik berat penampang (sumbu netral) dengan jarak terjauh dari ujung penampang ke titik berat penampang tersebut. Dalam perhitungan modulus penampang melintang suatu kapal, harus terlebih dahulu diketahui momen inersia total dari penampang tersebut, sehingga perlu dihitung momen inersia pada setiap penampang melintang atau elemen-elemen konstruksi (momen inersia pribadi). Modulus penampang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \frac{I}{Z}$$

Untuk :

I - momen inersia total

Z - jarak terjauh dari sumbu netral ke bagian konstruksi

7. Tegangan di Kapal

Tolok ukur untuk mengetahui kekuatan suatu struktur konstruksi kapal adalah tegangan. Nilai tegangan dapat diperoleh apabila besarnya nilai momen lentur yang bekerja sepanjang kapal dan modulus penampang kapal telah diketahui.

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad [\text{kg/cm}^2]$$

III. METODOLOGI

1. Tipe Penelitian

Mengacu pada subyek penelitian yakni kapal motor tipe penumpang barang yang mengalami penambahan panjang; maka penelitian ini dapat dikategorikan sebagai penelitian diskriptif. Masalah yang dihadapi oleh pemilik kapal dipelajari kemudian data ukuran pokok dan gambar terkait diobservasi kemudian dikumpulkan, dianalisa dan dievaluasi.

2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menge tahu seberapa besar pengaruh penam bahan panjang kapal tersebut terhadap kekuatan struktur konstruksinya.

3. Manfaat Penelitian

Pemilik kapal dan galangan tradi sional dapat mengetahui dan memahami tentang keterkaitan antara perubahan ukuran pokok kapal dengan aspek-aspek teknis lainnya.

4. Variabel Penelitian

Variabel yang diukur di saat melaku kan penelitian ini adalah : ukuran pokok kapal (L, B, T) ukuran elemen konstruksi serta distribusi komponen berat kapal (LWT dan DWT) yang diperoleh dari data gambar rencana umum.

5. Analisa Data

Untuk mempermudah proses analisa maka data yang diperoleh ditabulasi, kemudian dengan menggunakan rumus- rumus yang ada pada referensi terkait dengan penyelesaian masalah kekuatan struktur konstruksi maka selanjutnya dihitung bending momen dan modulus penampang konstruksi kapal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Ukuran pokok dan motor induk sebelum dan sesudah perubahan.

Ukuran Pokok Kapal	Perubahan	
	sebelum	sesudah
Panjang seluruh	44,00	48,00
Panjang - Lwl	40,30	44,30
Panjang - Lbp	37,00	41,00
L e b a r - B	7,85	7,85
Tinggi gldk - H	2,70	2,70
Tinggi sarat - T	1,80	1,90
Koefisien blok - Cb	0,608	0,605
Koefisien - Cp	0,679	0,679
Koefisien - Cm	0,895	0,891
Koefisien - Cw	0,749	0,749
Berat kosong LWT	153	174
Bobot mati - DWT	202	236
Deplesemen - Δ	355	410
Radius pelayaran R	250	250
Absis ttk tekan - Xc	-0,661	-0,661
Absis ttk berat - Xg	-0,662	-0,662
Daya motor - Ne	1500	1500
Putaran motor rpm	1900	1900
Diameter propeller	1,33 m	1,33 m

2. Distribusi Berat Kapal

Komp. berat	Jlh	Spasi gading			
		0-2	2-4	4-6	6-8
1.Lambung	152	15,1 7	13,7 3	15,1 9	16,7 1
2.Mesin	21	3,65	11,9 6	5,48	-
3.LWT	174			20,6 7	16,7 1
4.Penp & ABK	44, 5	0,76	4,22	10,5 1	6,84
5.Muatan	158	-	-		34,8 9
6.Bhn bakar	25	-	-	3,52	5,77
7.Provisi	1	1,0	-	-	-
8.Air tawar	9	5,07	-	-	-
9.DWT	236	5,83	4,22	14,0 3	47,4 9
10.Deplsm n - Δ	410	24,6 5	29,9 1	34,6 7	64,2 1
11.Intensitas - p	-	6,01	7,30	8,46	15,6 6

Ite m	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20

1.	16,9 2	16,9 2	18,1 5	14,7 1	12,3 5	12,8 2
2.	-	-	-	-	-	-
3.	16,9 2	16,9 2	18,1 5	14,7 1	12,3 5	12,8 2
4.	6,89	6,65	4,40	1,36	-	-
5.	34,5 5	28,3 7	25,6 7	21,1 1	13,0 2	-
6.	5,77	5,77	4,18	-	-	-
7.	-	-	-	-	-	-
8.	-	-	0,47	1,36	1,36	0,73
9.	47,2 0	40,7 9	34,7 1	26,6 6	14,3 8	0,73
10.	64,1 3	57,7 3	52,8 6	41,3 8	26,7 3	13,5 6
11.	15,6 5	14,0 8	12,8 9	10,0 9	6,52	3,31

3. Intensitas Pembebanan - q di Air Tenang

Spasi Gading	Intensitas		
	Gaya Apung	Berat	Pembebanan
	(r)	(p)	(q)
0 - 2	2,72	6,40	3,68
2 - 4	7,70	7,76	0,06
4 - 6	13,90	8,61	-5,29
6 - 8	16,31	15,84	-0,47
8 - 10	16,87	15,17	-1,70
10 - 12	15,93	13,97	-1,96
12 - 14	12,77	12,61	-0,16
14 - 16	8,40	9,33	0,93
16 - 18	4,61	5,67	1,06
18 - 20	0,65	3,02	2,37

4. Gaya Geser dan Momen Lentur di Air Tenang

Spasi Gading	Intensitas Beban	Gaya Geser	Momen Lentur
	(q)	(N)	(M)
0 - 2	3,68	17,01	35,16
2 - 4	0,06	21,95	118,14
4 - 6	-5,29	4,88	176,17
6 - 8	-0,47	3,33	191,68
8 - 10	-1,71	-1,73	195,24
10 - 12	-1,97	-10,40	168,06

12 - 14	-0,16	-14,08	113,06
14 - 16	0,93	-11,05	59,02
16 - 18	1,06	-7,29	19,14
18 - 20	2,37	0,0	0,0

5. Intensitas Pembebanan - q di Kondisi Hogging

Spasi Gading	Intensitas		
	Gaya Apung	Berat	Pembebanan
	(r)	(p)	(q)
0 - 2	2,99	6,40	3,41
2 - 4	7,31	7,76	0,46
4 - 6	13,74	8,61	-5,12
6 - 8	16,76	15,84	-0,92
8 - 10	17,17	15,17	-2,00
10 - 12	15,66	13,97	-1,69
12 - 14	13,07	12,61	-0,46
14 - 16	7,69	9,33	1,65
16 - 18	4,54	5,67	1,13
18 - 20	1,05	3,02	1,97

6. Gaya Geser dan Momen Lentur di Kondisi Hogging

Spasi Gading	Intensitas Beban	Gaya Geser	Momen Lentur
	(q)	(N)	(M)
0 - 2	3,41	16,33	34,83
2 - 4	0,46	20,25	110,83
4 - 6	-5,12	6,29	171,37
6 - 8	-0,92	3,89	192,56
8 - 10	-2,00	-2,17	197,22
10 - 12	-1,69	-10,75	167,98
12 - 14	-0,46	-15,68	109,61
14 - 16	1,65	-11,07	51,51
16 - 18	1,13	-6,10	15,58
18 - 20	1,97	0,0	0,0

7. Intensitas Pembebanan - q di Kondisi Sagging

Spasi Gading	Intensitas		
	Gaya Apung (r)	Berat (p)	Pembebanan (q)
	0 - 2	7,22	6,40
2 - 4	8,44	7,76	-1,08
4 - 6	10,79	8,61	-2,18
6 - 8	11,08	15,84	4,77
8 - 10	11,78	15,17	3,38
10 - 12	12,34	13,97	1,62
12 - 14	11,33	12,61	1,28
14 - 16	10,61	9,33	-1,28
16 - 18	6,16	5,67	-0,49
18 - 20	5,39	3,02	-2,38

8. Gaya Geser dan Momen Lentur di Kondisi Sagging

Spasi Gading	Intensitas Beban	Gaya Geser	Momen Lentur
	(q)	(N)	(M)
0 - 2	-0,82	-7,59	-35,21
2 - 4	-1,08	-12,37	-103,95
4 - 6	-2,18	-23,39	-220,76
6 - 8	4,77	-4,59	-326,85
8 - 10	3,38	8,36	-332,56
10 - 12	1,62	14,74	-274,48
12 - 14	1,28	18,82	-184,43
14 - 16	-1,28	14,22	-88,76
16 - 18	-0,49	9,77	-25,76
18 - 20	-2,38	0,0	0,0

9. Modulus Penampang Kapal

Komponen	jlh	luas	Zg
Pelat als	1	0,024	0,375
Pelat sisi	1	0,0116	0,725
Pelat alas dalam	1	0,0238	0,796
Pelat lunas	1	0,0050	0,025
Lajur bilga	1	0,0084	0,796
Penumpu tengah	1	0,0065	0,7965
Penumpu samping	1	0,0043	0,7965
Pelat geladak 1	1	0,02355	2,697

Pelat geladak 2	1	0,02355	3,697
Pelat geladak 3	1	0,02355	4,697
Pembujur alas dlm	3	0,0150	0,7725
Pembujur sisi	4	0,020	1,2725
Pembjur sisi lajur atas	2	0,015	1,697
Pembujur alas 1	1	0,005	0,05
Pembujur alas 2	1	0,005	0,175
Pembujur alas 3	1	0,005	0,425
Pembujur geladak 1	4	0,020	2,625
Pembujur geladak 2	4	0,020	3,625
Pembujur geladak 3	5	0,025	4,625
J U M L A H		0,28420	
		\sum_1	
Neutral Axis - NA			= 2,179 m

B. Pembahasan

1. Parameter Ukuran Pokok

Item	Perubahan parameter	
	sebelum	sesudah
L/B	5,13	5,64
B/T	4,36	4,13
T/H	0,66	0,70
Δ	355	410
DWT	202	236
LWT	153	174
Cb	0,608	0,605

2. Momen Inesia Total - I_T

$$I_T = \sum 5 - A t Z_1^2$$

$$= 2,071 - [0,284 \times (2,179)^2$$

$$= 0,729 \text{ m}^4$$

Momen Stts	I	Io
0,009	0,003375	0,0000002
0,00841	0,00609725	0,005333333
0,0189448	0,015080061	1,2693E-07
0,000125	0,000003125	0,000000416
0,0066864	0,005322374	0,002541
0,00517725	0,00412368	0,000228854

0,003385125	0,002696252	0,000079964
0,06351435	0,171298202	7,065E-08
0,08706435	0,321876902	7,065E-08
0,11061435	0,519555602	7,065E-08
0,0115875	0,008951344	0,000063645
0,02545	0,032385125	0,000063645
0,025455	0,043197135	0,000063645
0,00025	0,0000125	0,000063645
0,000875	0,000153125	0,000063645
0,002125	0,000903125	0,000063645
0,0525	0,1378125	0,000063645
0,0725	0,2628125	0,000063645
0,115625	0,534765625	0,000063645
0,619289125	2,070421426	0,008756911
Σ_2	Σ_3	Σ_4
$\Sigma_5 = \Sigma_3 + \Sigma_4$		

3. Modulus Penampang

1) Terhadap bottom - W_b :

$$W_b = \frac{I_T}{Z_1} = \frac{0,729}{2,179} = 0,334 \text{ m}^3$$

2) Terhadap deck - W_d :

$$W_d = \frac{I_T}{Z_2} = \frac{0,729}{0,52} = 1,400 \text{ m}^3$$

4. Pengecekan Kekuatan Struktur

1) Kondisi Air Tenang

a. Di bagian deck

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{sw} / W_d \\ &= 196,053 / 1,400 \\ &= 14,0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Di bagian bottom

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{sw} / W_b \\ &= 196,053 / 0,334 \\ &= 58,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2) Kondisi Hogging

a. Di bagian deck

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{sw} / W_d \\ &= 197,990 / 1,400 \\ &= 14,15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Di bagian bottom

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{sw} / W_b \\ &= 197,990 / 0,334 \\ &= 59,28 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3) Kondisi Sagging

a. Di bagian deck

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{sw} / W_d \\ &= 339,788 / 1,400 \\ &= 24,27 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Di bagian bottom

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{sw} / W_b \\ &= 339,788 / 0,334 \\ &= 101,74 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian atas perubahan panjang kapal sebesar 4 meter maka dapatlah disimpulkan antara lain : 1. Penambahan panjang kapal - L tidak berpengaruh pada kekuatan memanjang kapal saat kondisi full load, karena tegangan yang dialami konstruksi kapal lebih kecil dari tegangan yang diijinkan.

B. Saran

Apabila dilakukan penambahan panjang kapal maka perlu diperhatikan distribusi pembebanan agar tidak menumpuk pada satu spasi gading yang dapat menimbulkan momen lentur yang besar sehingga mengakibatkan kerusakan atau patahan dari elemen konstruksi.

PUSTAKA

- Anonimous, *Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Biro Klasifikasi Indonesia BKI*, Jakarta, 1978.
- Barabanov. N, *Structural Design of Sea Going Ship*, Moscow Publisher, 1982.
- Rawson, K.J, *Basic Ship Theory*, Longman London, and New York, 1984.
- Rosyid.D.M, *Kekuatan Struktur Kapal*, Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.

